

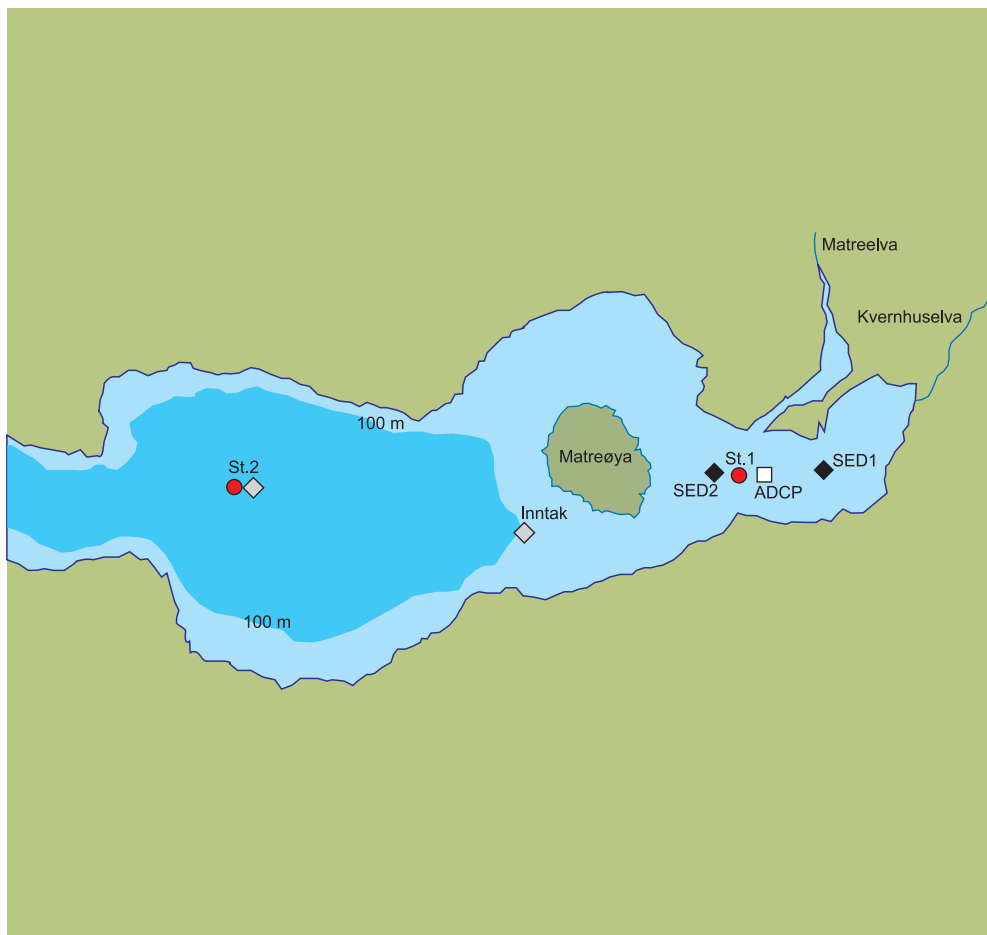
NIVA



RAPPORT LNR 4506-2002

# Utbygging ved Matre Havbruksstasjon

Vurderingar for inntak og utslepp  
av produksjonsvatn



**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet:

[www.niva.no](http://www.niva.no)

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5008 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-niva**

9296 Tromsø  
Telefon (47) 77 75 03 00  
Telefax (47) 77 75 03 01

<b>Tittel</b>  <b>Utbygging ved Matre Havbruksstasjon</b> <b>Vurderingar for inntak og utslipp av</b> <b>produksjonsvatn</b>	<b>Løpenr. (for bestilling)</b> 4506-2002	<b>Dato</b> April 2002
	<b>Prosjektnr. Undernr.</b> O-21901	<b>Sider Pris</b> 68
<b>Forfatter(e)</b> Arild Sundfjord Vilhelm Bjerknes Lars G Golmen Eivind Oug	<b>Fagområde</b> Oseanografi/ Akvakultur	<b>Distribusjon</b> Åpen
	<b>Geografisk område</b> Hordaland	<b>Trykt</b> NIVA

<b>Oppdragsgiver(e)</b> Havforskningsinstituttet, Matre Havbruksstasjon, 5984 Matredal	<b>Oppdragsreferanse</b> A. Vågset, T. Hansen
---	---

<b>Sammendrag</b> <p>Havforskningsinstituttets havbruksstasjon i Matre skal ombyggjast og avlaupa til sjø skal sanerast. NIVA har i samanheng med desse planane utført målingar og prøvetaking i Matrevågen hausten 2001, og på basis av dette omtalt miljøstatus samt tilrådd framtidige utslippsløysingar. Det vart funne stort sett tilfredsstillande vasskvalitet i Matrevågen og i djuphola utanfor. Botnen i Matrevågen hadde ingen spor av metallpåverknad, men ein viss påverknad frå fosfat frå utslipp. Det var tydeleg forringa tilhøve kun ved Leidning Nr 1. Nytt utslipp, Nr 3, er tilrådd lagt i 15 m djup sørvest for Matrehalvøya. Nytt sjøvassinntak er tilrådd lagt ein stad mellom 60 og 90 m djup vest for Matrehalvøya.</p>
--

<b>Fire norske emneord</b> 1. Matre 2. Landbasert oppdrett 3. Utslipp av prosessvatn 4. Masfjorden	<b>Fire engelske emneord</b> 1. Matre 2. Land based aquaculture 3. Wastewater discharges 4. Masfjorden
--	--



Lars G Golmen  
Prosjektleder

Kari Nygaard  
Forskningsleder

ISBN 82-577-4157-4



Jens Skei  
Forskningsjef

# **Utbygging ved Matre Havbruksstasjon**

**Vurderingar for  
inntak og utslepp av produksjonsvatn**

## Forord

I samband med Statsbygg sine planer for utbygging ved Matre Havbruksstasjon vart NIVA kontakta av Havforskningsinstituttet i juli, 2001, med ønskje om å få laga eit framlegg til utgreiing om marint miljø og utslepp i Matrevågen og å sikre grunnlags-dokumentasjon for naudsynte løyver for nye utslepp.

Prosjektavtale vart inngått i august, og oppstartsmøte med synfaring og innleiande målingar i sjøen vart gjennomført i byrjinga av september. Dei siste prøvene vart innsamla i januar, 2002.

Ansvarleg for prøvetaking og målingar i sjøen (strøm, hydrografi m.m.) var Arild Sundfjord, som også har laga teksten som omtalar desse målingane med dataanalyser og statistikk. Vilhelm Bjerknes var ansvarleg for kapitlet om produksjon og utbyggingsplanar, mens Eivind Oug ved NIVAs avdeling i Grimstad stod for opparbeiding og rapportering av sediment- og botnfaunaprøvene. Torgeir Bakke kvalitetssikra rapportutkastet, og Camilla Grimsby bidrog med dataframstillingar og tekstredigering, samt oppfølging på økonomien. Lars G Golmen har vore prosjektleiar og bidratt med dataanalyser og modellsimuleringar for inntak og utslepp, og teksten kring dette.

Kontaktpersonar ved Havbruksstasjonen var Tom Hansen og Atle Vågset. Sistnemnde bistod også med båt under prøvetakinga. Leon Pedersen bistod med M/S "Solvik" under tokt for botnprøvetaking og handsaming av strømmålar.

Takk til alle involverte!

Bergen/Grimstad februar 2002

*Lars G Golmen*

---

# Innhald

<b>Samandrag</b>	<b>6</b>
<b>1. Innleiing</b>	<b>8</b>
1.1 Bakgrunn og formål med rapporten	8
1.2 Dagens situasjon	8
1.3 Utbyggingsplanane og framtidige utslepp	9
1.3.1 Ny Forsøkshall IV	9
1.3.2 Forsøksanlegga, Hall I-III	11
1.3.3 Produksjonsanlegget (tidlegare Fiskekultur A/S)	12
1.3.4 Kvantifisering av N og P i avlaup	14
<b>2. Matrevågen og indre Masfjorden</b>	<b>15</b>
2.1 Kraftstasjonen	16
<b>3. Måling og datainnsamling, 2001</b>	<b>18</b>
3.1 Hydrografi og vasskjemi	18
3.2 Strømmåling	19
3.3 Sediment og botndyr	20
<b>4. Resultat av NIVAs måling/prøvetaking i 2001</b>	<b>22</b>
4.1 Hydrografi	22
4.1.1 Hydrografi på stasjon 1, Matrevågen	22
4.1.2 Hydrografi på Stasjon 2, vest av Matreøya	22
4.2 Oksygen	22
4.2.1 Oksygenprøver nærare botnen.	25
4.3 Vasskjemi	26
0.4 Strøm	26
0.5 Varighetsanalyse for strøm	28
0.6 Botnsediment og botnfauna	30
0.6.1 Sedimenttilhøve	30
0.6.2 Finstoff og organisk innhald i sediment	31
0.1.3 Metall i botnsediment	32
0.1.4 Botndyr	33
0.7 Vurdering av resultata	34
<b>5. Modellsimulering for framtidige utslepp</b>	<b>36</b>
5.1 Generelt	36
5.2 Utsleppsparametrar, JETMIX	37
5.2.1 Resultat for JETMIX	38
5.3 Modellen CORMIX	43
5.3.1 Resultat for simuleringar med CORMIX	43
5.3.2 Samanlikning med JETMIX	43
<b>6. Inntak av sjøvatn</b>	<b>45</b>
6.1 Hydrografiske tilhøve i djupvatnet på Stasjon 2	45

---

6.2 Påvekstorganismer	45
6.2.1 Generelt	45
6.2.2 Pelagiske organismer i Masfjorden	48
6.3 Medblanding av inntaksvatn	48
0.4 Konklusjon	49
<b>7. Oppsummering</b>	<b>50</b>
7.1 Dagens tilstand	50
7.1.1 Tilstand i sjøen	50
7.1.2 Tilstand på botnen	50
7.2 Tilførsler til sjø	51
7.2.1 Kommunale avlaup	51
7.2.2 Tilførsler frå kraftstasjonen	51
7.2.3 Framtidige tilførsler frå Havbruksstasjonen	51
7.3 Vurdering av effekter frå framtidige utslepp	51
0.4 Val av utsleppsdjup	53
0.5 Oppfølging og framtidig overvaking	53
<b>8. Litteratur</b>	<b>55</b>
<b>Vedlegg A. Varighetsanalyse ADP Matre, Strømfart</b>	<b>57</b>
<b>Vedlegg B. Fullstendige resultat for botnfaunaprøvene frå Matre 13. november 2001.</b>	<b>61</b>
<b>Vedlegg C. Resultat for CORMIX simulering</b>	<b>63</b>

---

## Samandrag

Det ligg føre planer om utbygging ved Havforskningsinstituttets havbruksstasjon i Matre, og sanering av avlaupa til sjø.

I denne samanhengen utførte Norsk institutt for vannforskning, NIVA, målingar og prøvetaking i Matrevågen hausten 2001, som grunnlag for å vurdere miljøstatus for resipienten og tilrå framtidige utsleppsløysingar.

Det vart tatt prøver av sediment og sjøvatn, gjennomført hydrografiske målingar på to stasjonar og strømmåling i ein posisjon. På basis av dette er det gjort dataanalysar og vurderingar av karakteristikk for tilstanden, samt analysar og modellsimuleringar for framtidige utslepp.

### Tilstand i sjøen

Målingane i 2001 stadfesta at sjøen i Matrevågen er markert sjakta, med eit tilnærma permanent brakt overflatelag som strekkjer seg ned til 2-3 m djup og meir homogent vatn derunder. Sjuktinga er skapt av dei store ferskvasstilførsleane som i dag i det alt vesentlegaste (> 90%) kjem frå BKK sitt kraftverk, med tilførsler rundt 30-40 m<sup>3</sup>/s.

Strømmen i Matrevågen ved nytt planlagt utslepp, Leidning Nr 3, var sterkast i det øvre laget med målt maksimalverdi på 59 cm/s og middelvei på 16 cm/s. Strømmen hadde oftast retning ut vågen i dette laget. I 5 m djup var maks og middel strøm h.h.v. 33 og 9 cm/s, med hovedretning innover. På større djup var middel strømfart rundt 5 cm/s, også med overvekt av strøm innover vågen. Sjøkt i 10 - 15 m djup hadde høgast førekomst av lange svakstrømsperioder.

Det var ikkje var kritisk låge O<sub>2</sub>-verdiar verken i Matrevågen eller i djupbassenget utanfor Matreøya hausten 2001. I overflata i Matrevågen låg verdiane mellom 5,8 og 6,9 ml/l og i 20 meters djup var det mellom 4,9 og 5,2 ml/l O<sub>2</sub>. I djupvatnet på Stasjon 2 ved planlagt sjøvassinntak var det mellom 3,7 og 5,9 ml/l oksygen i måleperioden, med ein indikasjon på at sjøkt rundt 100 m djup hadde dei lågaste verdiane.

Næringssaltprøvene frå Matrevågen var tilfredsstillande med unntak av nitrat (SFT klasse III, "mindre god"). Prøvene for TOC synte høgare verdiar i Matrevågen enn lenger ute.

### Tilstand på botnen

Konsentrasjonar av metall var låge og samsvarande med SFTs tilstandsklasse I 'ubetydeleg – lite forureina', noko som tyder på at det ikkje er noko metall-forureining av betydning i Matrevågen. Resultata for fosfor i sedimentet tyder på at Matrevågen er noko påverka av avlaupsvatn. Det var ikkje skilnad mellom stasjonane, så det kan sjå ut som det var ein jamn påverknad i heile vågen.

Ved eksisterande Leidning Nr 1 sitt utsleppspunkt var det eit etter måten artsfattig dyresamfunn med høg individtettleik. Botnprøven derfrå fall i SFTs tilstandsklasse IV 'dårleg'.

Ved Leidning Nr 2 og nærare utløpet av Matreelva var talet på arter normalt, mens individtettleiken kan tyde på ein viss organisk påverknad. Det var ingen synlege prov på effekter rundt utsleppa frå tidlegare Fiskekultur AS.

### Framtidige utslepp frå Havbruksstasjonen

Leidning Nr 1 som går vestover frå Matrehalvøya, vil få redusert vassføring etter ombygginga, noko som også er tilrådd i rapporten ut frå miljøstatus på botnen rundt.

Leidning Nr 2 vil få auka vassføring etter tilknytning til ny den nye forsøkshallen, Hall IV, der vassforbruket vil variere mellom 5.000 og 8.000 l/min.

Den nye Leidning Nr 3 er tiltenkt deler av avlaupet frå gamle Fiskekultur AS, mens resten vil gå til Leidning 2.

Ureinska utslepp frå den samla produksjonen på 36 tonn fisk/år vil motsvara utslepp av ca 600 kg nitrogen og 108 kg fosfor. Konsentrasjonane i dei framtidige avlaupa, Nr 1, 2 og 3, blir gjennomsnittleg 8,4, 50 og 104 µg/l for N, og 1,5, 9 og 18,6 µg/l for P.

For å tilfredsstille beste SFT-klasse for N, trengst ingen fortynning av avlaupa. For Tot-P vil ein aldri kunne oppnå "Klasse 1" kravet for sommarsituasjonen, fordi resipientvatnet ikkje tilfredsstilte denne klassen. "Klasse 2" blir imidlertid tilfredsstilt ved ei fortynning på 5X, og "Klasse 3" ved 2X fortynning.

### **Utsleppsdjup**

Det er tilrådd at Leidning Nr 3 blir lagt til 15 m djup. Dette gjev innlagring i 3 m eller djupare og midlare innlagringsdjup ved stor fluks (oktober) på 4,4 m.

### **Inntak av sjøvatn**

Det blei tatt vassprøver i djup-bassenget vest for Matreøya. Desse vassprøvene synte tilfredsstillande vasskvalitet ned til 50 m, med tendens til stagnerande vatn djupare enn 90 m. Supplert med kunnskap om organismefordeling i Masfjorden og datasimuleringar for selektivt inntak av sjøvatn, blir det tilrådd å legge sjøvassinntaket ein stad mellom 60 og 90 m djup.

### **Oppfølging**

Til slutt i rapporten er det opplista en del tilrådde moment for oppfølging/kontroll.

M.a. gjeld dette å få tatt fleire vassprøver slik at ein får tilstrekkeleg datagrunnlag for å tilfredsstille SFTs minimumskrav for klassifisering.



# 1. Innleiing

## 1.1 Bakgrunn og formål med rapporten

Matre havbruksstasjon og settefiskanlegget der har vore i drift sidan tidleg på 1970 talet og har blitt utvida/utbygd etappevis. I samband med planer for ny ombygging og utbygging (v/Statsbygg) ønskjer havbruksstasjonen å få tatt ein gjennomgang av utslepps-situasjonen m.a. for å sikre grunnlagsdokumentasjon for naudsynte utsleppsløyver. Det er planer m.a. om å sanere utslepp og å etablere ei ny utsleppsleidning (**Figur 1**).

På bakgrunn av behovet for berekningar og vurderingar som omlegginga av utsleppa vil krevje, vart NIVA kontakta av havbruksstasjonen v/Tom Hansen i byrjinga av juli 2001 for å få forslag og tilbod på gjennomføring av naudsynt arbeid i denne samanheng.

Prosjektavtale vart inngått i august, der Havbruksstasjonen konkret ba om å få vurdert plassering av utløpet av eksisterande avlaup Nr 2, plassering av ny leidning (Nr 3) frå deler av tidlegare Fiskekultur A/S sitt anlegg samt plassering av framtidig nytt sjøvassinntak til stasjonen på djupt vatn utanfor Matreøya.

På bakgrunn av ei synfaring på stasjonen tilrådde Fylkesmannens miljøvernavdeling i brev datert 9. juli 2001 gransking av resipienten kring dagens utslepp m.o.t. sedimentkvalitet, strømtilhøve m.m. samt vurdering av evt. behov for reinsing på basis av resultata. På dette grunnlaget vart det i samråd med Havbruksstasjonen sett opp ein plan for måling og prøvetaking i sjøen og på botnen.

3. september var det halde eit oppstartsmøte med NIVA på stasjonen der opplysningar og status og planer vart lagt fram og diskutert. Samme dag vart første målerunde på fjorden gjennomført.

I neste avsnitt er det gjort nærare greie for utbyggingsplanane og framtidig fordeling av produksjonsvatn på dei ulike avlaupsleidningane.

## 1.2 Dagens situasjon

Forsøkshall I-III ligg etter kvarandre langs breidda av Matreelva, vestafor administrasjonsbygget. Desse tre hallane har avlaup via **Leidning Nr 1** (består eigentleg av to plastrør, h.h.v. 500 mm og 350 mm), som munnar ut på ca 20 m djup, rett vest for Matrehalvøya. Avlaup frå nokre utandørs kar ved adm. bygningen går også inn på denne leidningen i dag (desse skal inngå i den nye Hall IV). Leidning Nr 1 vil få redusert vassfluks etter ombygginga på stasjonen.

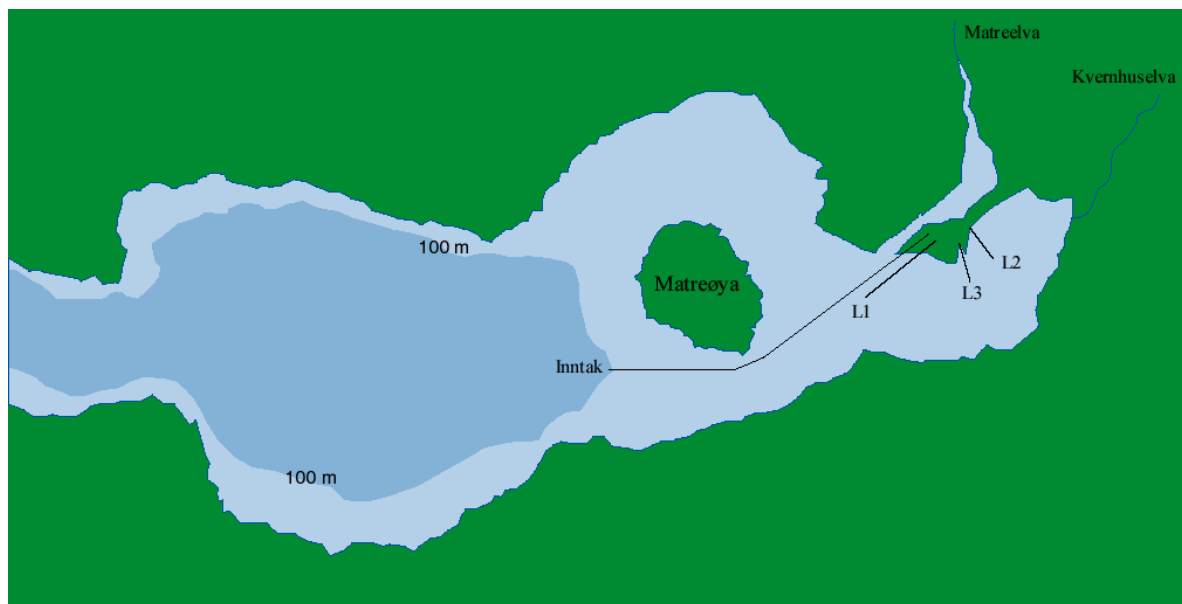
**Leidning Nr 2** (500 mm diameter plastrør) går ut i retning søraust til ca 15 m djup i Matrevågen. Denne tar i dag avlaup frå 10 ute-kar med diameter 3 m. Ny forsøkshall, Nr IV, er under planlegging. Denne blir plassert austafor administrasjonsbygget, og vil i følgje dagens planer få avlaup gjennom eksisterande Leidning Nr 2, som dermed vil få auka vassfluks i høve til i dag.

Avlaup frå tidlegare Fiskekultur A/S (ute-kar/basseng) går ut i fjøra gjennom to rør, mot Matrevågen. Dette avlaupet skal sanerast, og delvis leggst inn på ny **Leidning Nr 3**, tenkt plassert i retning mot sør frå midten av Matrehalvøya, til eigna djup. Sjå **Figur 1**. Resten av dette anlegget (10 ute-kar) får avlaup gjennom Leidning Nr 2.

## 1.3 Utbyggingsplanane og framtidige utslepp

### 1.3.1 Ny Forsøkshall IV

Den planlagte Forsøkshall IV (**Figur 2**) skal innehalde våtlaboratorium/forsøksceller, karanteneanlegg, ny laboratoriefløy (tørklaboratorium), vassforsyning og vassbehandlingsanlegg, øvrig teknisk anlegg, øvrige støtterom (kontrollrom, sluser, garderobar, WC, tekniske rom), samt 'show room' og korridorar. Bygget får avansert vassforsyning med full kontroll av temperatur og salinitet mellom 1-20 °C og 0 og 32 ppt til alle forsøksrom (**Figur 3**).



**Figur 1.** Indre del av Masfjorden, ved Matre. Kartet syner også omtrentleg plassering av eksisterande utslepp (L1 og L2), planlagt nytt utslepp (L3) samt planlagt inntaksleidning.

Hallen vil bli brukt til ulike typar forsøk. Alle kar får tilgang på eit breitt spekter av vasskvalitetar. I miljøhallen (merka "kummer" i **Figur 2**) blir det i tillegg høve til å styre f.eks. CO<sub>2</sub> og NH<sub>3</sub>.

#### Vassforsyning og vassbehandling, Hall IV:

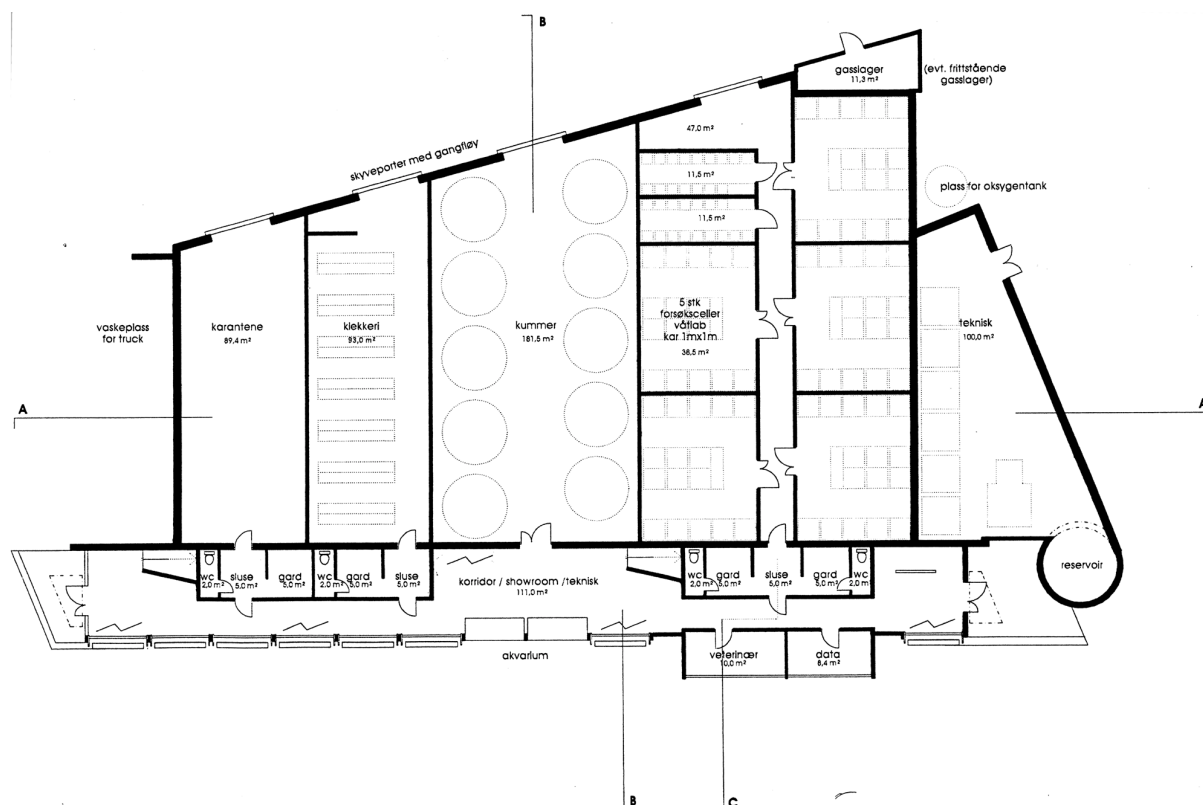
Prinsippskisse av vassforsyning og vassstypar er synt i **Figur 3**. Dimensjonerande mengder er markert som "Normal", og er 4.000 l/min ferskvatn og 4.000 l/min sjøvatn. Vatn som skal oppvarmast og avkjølast går på kostnad av normalvatnet, slik at maksimum vassmengde ut av Forsøkshall IV er 8.000 l/min. Variasjonar i vassmengde gjennom året vil variere med ulike forsøk, og er vanskeleg å forutsei. I betraktningane vidare har vi lagt til grunn maksimal belastning av sjø- og ferskvatn, temperatur 10°C og salinitet 15 ppm. Maksimal biomasse i hallen er anslått til 12 tonn.

Vatnet frå karanteneavdelinga skal desinfiserast (temperatur eller klor). Denne vassmengda, anslagsvis 1.000 l/min vil kunne handsamast som vanleg avløpsvatn etter desinfisering.

Følgjande vassstypar, lagringseiningar og behandlingseiningar for råvatn og avløpsvatn vil vere aktuelle:

1. Ferskvatn frå kraftanlegg Matre
2. Sjøvatn frå ny sjøvassleidning Matrevågen
3. Ozonanlegg/UV for desinfisering av sjøvatn
4. Lufteanlegg for sjøvatn og ferskvatn på inntaksvatn
5. Trykktank/reservoar på innløpsvatn (ferskvatn og sjøvatn)
6. Varmepumpeanlegg for oppvarming og kjøling av vatn
7. Lufteanlegg og trykktank etter varmepumper
8. Avløpssystem (returvatn til varmepumpeanlegg med meir)
9. Desinfisering av avløpsvatn frå karantenedel (klorgenerator)
10. Oksygeneringsanlegg (ferskvatn og sjøvatn)

Til alle våtlaboratorium/forsøksceller blir det lagt fram 6 vasskvalitetar i ringleidning. I tillegg blir det lagt to mindre leidningar for oksygenert fersk- og sjøvatn. Begge vassstypar kan leverast med tre ulike temperaturar; normal, kald og varm, innanfor et temperaturintervall mellom 1 og 20°C, dvs. i alt 6 hovedvasskvalitetar, samt oksygenert vatn.



**Figur 2.** Planteikning Forsøkshall IV. (Kjelde: Havbruksstasjonen.)

### Avlaupssystem, Hall IV:

Avlaupsvatnet vil bli ført til resipient gjennom Leidning Nr 2 til indre del av Matrevågen.

Det blir lagt opp til delt avlaup på kvart kar slik at ein kan ha (1) førspilloppsamling i ein liten del av vassfluksen, og (2) tilnærma reint vatn frå hovudavlaup for evt. varmeattvinning i varmevekslar. Alt vatn frå karantenedel (3) går separat frå anna avlaupsvatn til desinfisering (kloreringsanlegg).

Vassavlaup frå individlab/iosotoplab (4) bør ha kunne filtrerast i aktivt kullfilter ved behov.

Dersom vi legg ein tilsvarande års-syklus til grunn for Hall IV som for Hall I, II og III (sjå neste avsnitt), vil vi få eit vassforbruk som svingar mellom 5.000 og 8.000 l/min, eit totalt årsforbruk tilsv. på 3,7 mill m<sup>3</sup>/år (7.000 l/min i snitt) og ein tilsvarande produksjon (uttak) av fisk, dvs. 4 tonn/år, av dette 2 tonn i april/mai og 2 tonn i oktober/november.

### 1.3.2 Forsøksanlegga, Hall I-III

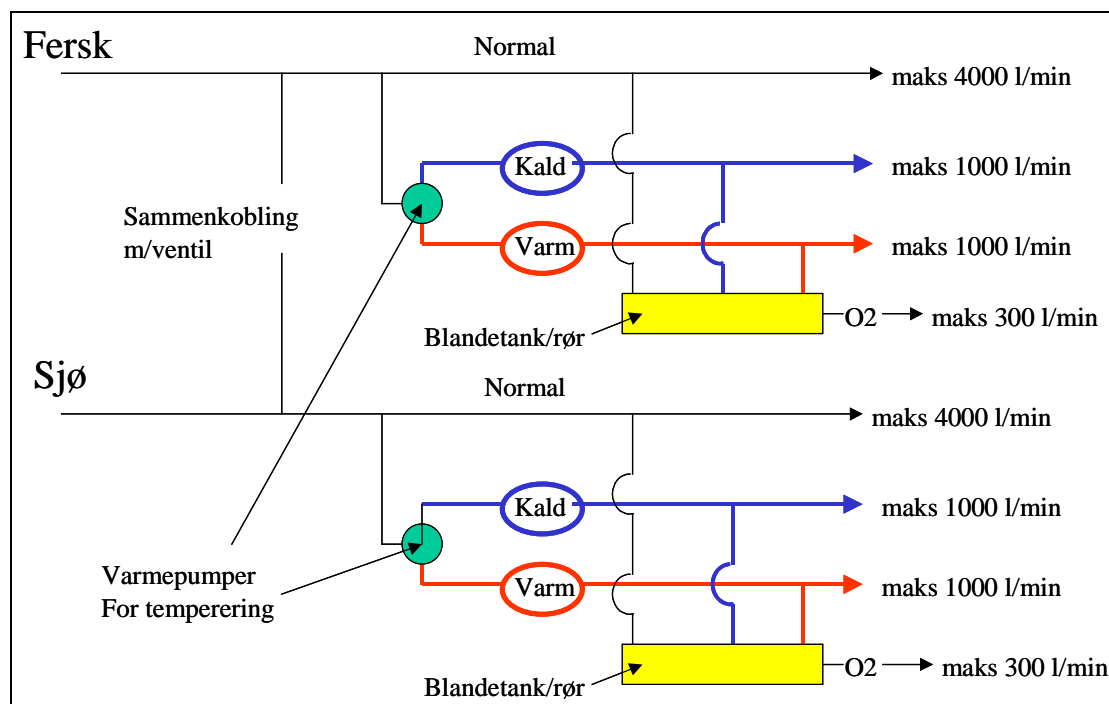
Avlaupsvatn frå Hall I, II og III vil framleis gå til avløpsleidning Nr 1 (**Figur 1**), men samla fluks blir noko mindre enn i dag. Tabell 1 viser sannsynleg framtidig vassforbruk, temperatur og salinitet i Hall I-III gjennom året.

**Tabell 1.** Tal for framtidig avlaup frå Hall I, II og III via Leidning Nr 1: Vassforbruk (l/min), temperatur (°C), salinitet (ppt) og estimert biomasse (tonn), basert på opplysningar frå havbruksstasjonen.

Mnd	Hall I			Hall II			Hall III			Sum	
	l/min	Temp	Sal.	l/min	Temp	Sal.	l/min	Temp	Sal.*	Vass-forbr.	Tonn fisk
jan.	0	-	0,1	3.000	6	15	2.000	6	0-28	5.000	10
febr.	0	-	0,1	3.000	6	15	2.000	6	0-28	5.000	10
mars	1.000	13	0,1	3.000	6	15	2.000	6	0-28	6.000	12
april	1.500	13	0,1	3.000	7	15	2.000	7	0-28	6.500	13
mai	2.000	13	0,1	4.000	8	15	2.000	8	0-28	8.000	16
juni	2.000	10	0,1	3.000	10	20	2.000	10	0-28	7.000	14
juli	2.000	14	0,1	3.000	14	28	2.000	14	0-28	7.000	14
aug.	2.000	14	0,1	4.000	14	28	2.000	14	0-28	8.000	16
sept.	2.000	12	0,1	4.000	12	28	2.000	12	0-28	8.000	16
okt.	2.000	10	0,1	4.000	10	28	2.000	10	0-28	8.000	16
nov.	2.000	8	0,1	4.000	8	20	2.000	8	0-28	8.000	16
des.	1.000	8	0,1	4.000	8	15	2.000	8	0-28	7.000	14

\*Avh. av forsøk

Berekningane i **Tabell 1** er gjort for å kome fram til rettleiande tal for samla vassfluks og næringssaltutslepp. Forbruket vil kunne variere i forhold til det som er oppsett, alt etter kva forsøk som skal drivast ved stasjonen. Som norm for biomasse i forhold til vassforbruk i Hall I, II og III, har vi valt å antyde det same som er sett opp for Produksjonsanlegget, dvs. 0,5 l/min x kg (sjå nedanfor). Ut frå dette har vi rekna ut biomasse for Hall I, II og III.



**Figur 3.** Oversyn over framtidige vassfluksar i Forsøkshall IV. (Kjelde: Havbruksstasjonen.)

### 1.3.3 Produksjonsanlegget (tidlegare Fiskekultur A/S)

I den framtidige løysningen vil avløpsvatn frå dette anlegget delvis gå inn på Leidning Nr 2 (uskraverte kar i **Figur 4**), og delvis inn på den tilrådde nye avløpsleidningen, Leidning Nr 3 (gråskraverte kar).

**Tabell 2** syner variasjon i biomasse, vassforbruk og vassstemperatur for avløpsvatn til Leidning Nr 2 (dei kvite kara). Saliniteten på dette vatnet vil vere lav (maks 3 ppm). Gjennomsnittleg vassfluks vil bli 4.400 l/min.

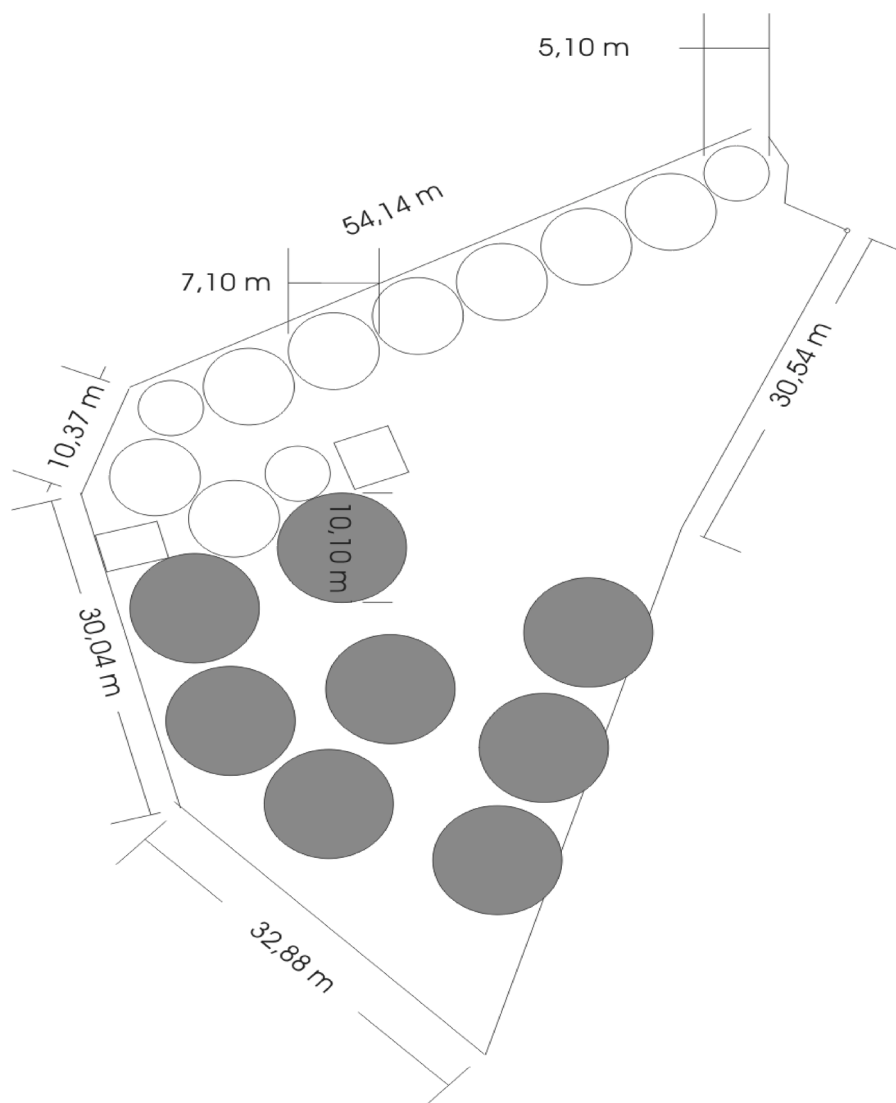
#### Avlaup til ny Leidning Nr 3

Dei kara som er planlagt tilkopla Leidning Nr 3 (gråskraverte kar) er ikkje i bruk i dag, og det ligg heller ikkje konkrete planer for bruk av desse. Tabell 2 kan likevel nyttast som et anslag også for dei. Temperaturen vil ikkje skilje seg vesentleg frå vatnet i dei uskraverte kara, men saliniteten kan vere høgare, avhengig av aktivitet.

For den delen av produksjonsanlegget som vil gå til ny Leidning Nr 3 kan på denne bakgrunn totalt vassforbruk pr år er kalkulerast til 2,3 mill m<sup>3</sup> (4.400 l/min i snitt) og årsproduksjonen 16 tonn, fordelt på to uttak av fisk på høvesvis 10 tonn i april/mai og 6 tonn i oktober/november.

**Tabell 2.** Kalkulert biomasse, vassforbruk og temperatur, med variasjonar gjennom året for dei deler av produksjonsanlegget (tidlegare Fiskekultur A/S) som vil bli fordelt til Leidning Nr 2.

Månad	Tal (1000)	Vekt (g)	Biomasse (tonn)	Vassforbruk (l/min)	Temperatur °C
januar	100	90	9	4.500	5
februar	100	100	10	5.000	5
mars	100	110	11	5.500	5
april	100	120	12	6.000	6
mai	200	10	2	1.000	8
juni	200	20	4	2.000	10
juli	200	30	6	3.000	13
august	200	45	9	4.500	15
september	200	60	12	6.000	12
oktober	200	70	14	7.000	11
november	100	80	8	4.000	10
desember	100	85	8,5	4.250	7



**Figur 4.** Produksjonsanlegget (tidlegare Fiskekultur A/S). (Kjelde: Havbruksstasjonen.)

### 1.3.4 Kvantifisering av N og P i avlaup

Berekningane byggjer på SFT (2000). **Tabell 3** angir fosfor- og nitrogeninnhald i tørrfor og i laksefisk.

**Tabell 3.** Fosfor- og nitrogeninnhald i tørrfor og i oppdretta laksefisk (SFT 2000).

	Totalt fosforinnhald (%)	Totalt nitrogeninnhald (%)
Tørrfor	1,2	7,5
Fisk	0,45	3,0

Vi tenkjer oss at 40% P og 10% N blir fjerna ved slamhandsaming. Fôrfaktor (FCR) er forholdet mellom vekt av brukt fôr (tørrfôrbasis) og organismens vektauke (produksjon):

$$(1) \quad FCR = \frac{\text{Fôrforbruk (tonn/år)}}{\text{Produksjon (tonn/år)}}$$

SFT (2000) tilrår å bruke  $FCR = 0,6$  for settefisk.

For anlegg med slamfjerning kan utslepp av fosfor og nitrogen bereknast som følgjer (Cho *et al.* 1991):

$$(2) \quad L = 0,01 \times (IC_i - PC_f) (1-e)$$

der

L: fosfor (P) eller nitrogen (N) utslepp til resipienten (tonn/år)

I: fôr brukt (tonn/år)

$C_i$ : P eller N innhald i fôret (%)

P: produksjon (tonn/år)

$C_f$ : P eller N innhald i fisken (%)

e: Attvunne P eller N ved slamhandsaming

Basert på formel (1) og (2) ovanfor har vi estimert utslepp og middelkonsentrasjon av P og N i avløpsvatn (**Tabell 4**) utan slamhandsaming. Utsleppa vil variere gjennom året, og vil vere størst i april og oktober, lågast i mai og november.

**Tabell 4.** Årleg maksimalt vassforbruk, produksjon, fôrforbruk og utslepp av P og N frå Hall I+II+III (Leidning Nr 1) og frå Hall IV (Leidning Nr 2), samt produksjonsanlegget (Leidning 2/3).

	Leidning 1	Leidning 2			Leidning 3	Totalt
	Hall I-III	Hall IV	Prod. anl.	Sum	Prod. anl.	pr år
Vassfluks, m <sup>3</sup> /år	3,7 mill	3,7 mill	2,3 mill	6 mill	2,3 mill	12 mill
Prod. fisk, tonn/år	4	4	16	20	16	36
Foring, tonn/år	2,4	2,4	9,6	12	9,6	24
Utslepp P, kg/år	11	11	43	54	43	108
Kons. P, (µg/L)	3	3	18,6	9	18,6	-
Utslepp N, kg/år	60	60	240	300	240	600
Kons. N, (µg/L)	16	16	104	50	104	-

Dersom det blir lagt inn slamhandsaming vil utsleppet av P kunne reduserast med 40% og utsleppet av N med 10%. Det er førebels ikkje planer om å ta i bruk heile produksjonsanlegget. Dersom dette likevel blir gjort, vil det tyde ei dobling av næringssaltbelastninga, og ei omlag lik fordeling mellom Leidning Nr 2 og 3.

## 2. Matrevågen og indre Masfjorden

Matrevågen ligg inst i Masfjorden, som igjen er ein del av Fensfjordsystemet (**Figur 5**). Fensfjorden er ein lang, djup (omlag 700 m) og relativt brei fjord. Det grunnaste sambandet ut til ope hav er over ein terskel med djupne omlag 250 m, ved Holmengrå (① i **Figur 5**). Masfjorden har samband til Fensfjorden ved Duesund (②). Her, og litt lengre inn fjorden nær Selvåg, er det ein terskel med minste djup på 75 m (Kaartvedt et al. 1988). Sjølve Masfjorden har djupner ned mot 500 m, før det igjen vert grunnare inn mot bassenget ved Matre. Ved Tirnes (③) er det i overkant av 150 m djupt, medan bassenget innafor er knapt 190 m djupt. Innafor Matreøya er det stort sett grunnare enn 30 m.



**Figur 5.** Kart over Nordhordland med Fensfjorden og Masfjorden.

Dei hydrografiske tilhøva i fjorden er karakteristiske for eit terskelfjordsystem. Djupvatnet (under tersklane) er tungt og meir eller mindre stagnant (Gade 1973). Dette vatnet blir skifta ut med visse mellomrom på grunn av tilførsle av tungt kystvatn. Over terskeldjupa finst kystvatn som er i fritt samband med Fensfjorden. I desse sjikta vil utskiftinga normalt vere meir hyppig, og vasskvaliteten såleis betre med omsyn på til dømes oksygen.

Overflatelaget er prega av stor tilførsel av ferskvatn til Matrevågen. Dette laget vil derfor ha lågare salinitet og tyngde enn dei djupare vassmassane. Om vinteren vil slike elvetilførslar normalt vere små, men i og med at kraftverket i Matre er i drift gjennom heile året vil eit slikt overflatelag med brakkvatn sannsynlegvis vere permanent til stades. Dette overflatelaget vil vere mest markant inst i fjorden, nær utsleppet frå kraftverket og Matreelva.



Sirkulasjonen i Masfjorden blir dreven av fleire ulike krefter, primært tidvatn, ferskvasstilførsel, vind og trykk-gradientar i sjøen. Tidevasstrømmen er moderat i indre del av fjorden, men er likevel viktig for utskiftinga. Tidevassutskiftinga vil først og fremst gjelde sjikt grunnare enn terskeldjup, men har også ein viss effekt over tid på blandinga djupare ned og er difor også viktig i høve til utskifting av vatn der.

Tilførsla av ferskvatn i overflata skaper ein horisontal gradient som gjer at brakkvatnet sig ut fjorden. I denne prosessen vert og ein del av det underliggjande vatnet rive med og blanda inn i overflatelaget mens dette gradvis blir tjukkare og saltare lenger ut i fjorden. For å erstatte dei midlare vassmassane som strøymar ut fjorden får ein då ein såkalla kompensasjonsstrøm inn fjorden. I ideell form kallast dette strømningsmønsteret for estuarin sirkulasjon, som ofte kan vere kopla med svak, utgåande strøm djupare nede.

Vind kan tidvis forsterke eller bremse strømmen ut av og inn i fjorden. Ved til dømes vedvarande vind utover fjorden vil brakkvatnet i overflata få større fart, medrivninga av vatnet under vert meir effektiv, og kompensasjonsstrømmen inn fjorden vil etterkvart auke. Vatnet under terskeldjup vil i liten grad bli påverka av dette. Det djupaste vatnet vil derfor ikkje bli skifta ut like hyppig som vatnet lengre opp i vassøyla.

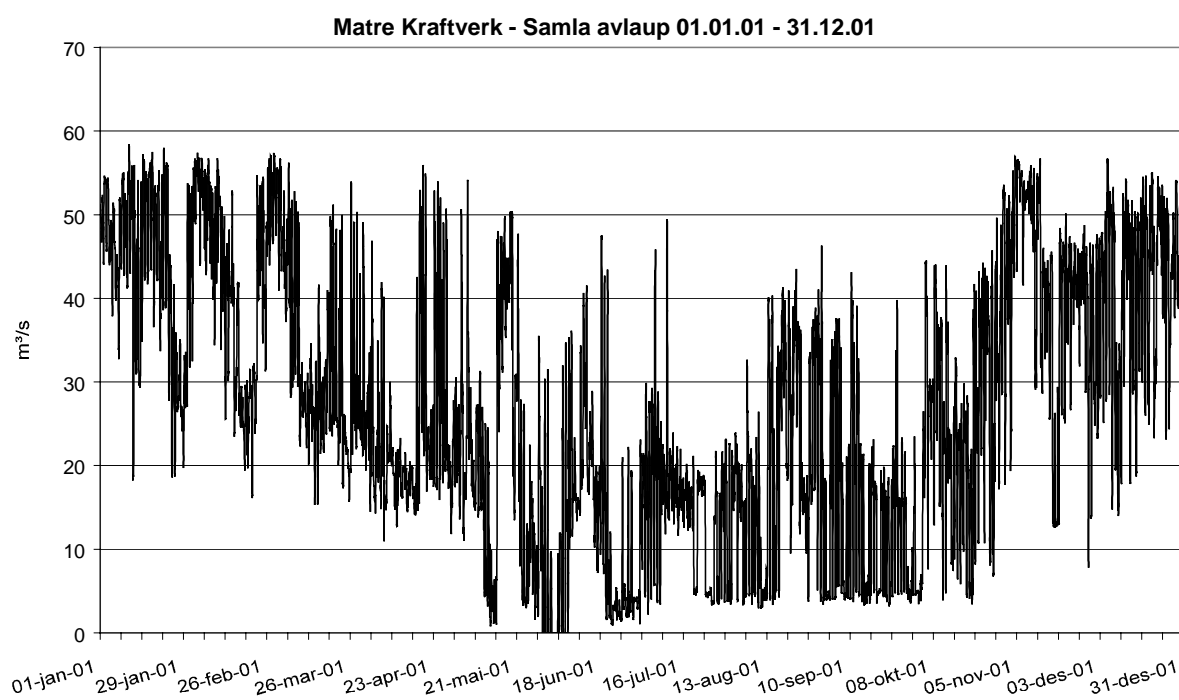
Det tunge botnvatnet har høgare salinitet og lågare temperatur (om sommaren) enn vatnet ovanfor. I stagnasjonsperioder vil desse eigenskapane bli utjamna gjennom diffusjon av salt og varme mellom laga. Etterkvart vil botnvatnet bli lettare, og dersom kystvatnet utanfor terskelen er tyngre vil dette strøyme inn og fortrenge vatnet innafor og under terskelen. Slike utskiftingsepisoder hender meir eller mindre regelmessig i fjordar som har djupe tersklar som Fensfjord-Masfjordsystemet.

## 2.1 Kraftstasjonen

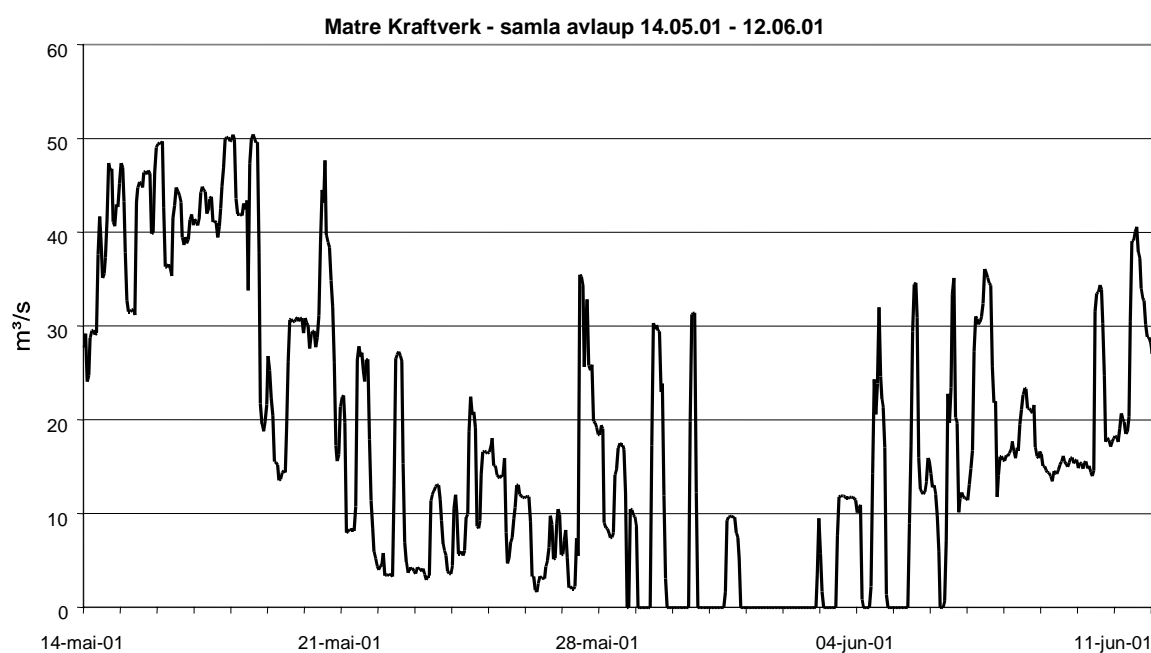
Som nemnt over, er tilførsle av ferskvatn ein viktig drivkraft for sirkulasjon og utskifting av vatn i Matrevågen. Etter kraftutbygginga rundt 1960 kjem det meste av dette ferskvatnet i dag til fjorden via BKK sitt kraftverk i Matre, og ein mindre del med Matreelva. Kraftverket slepp ut vatn frå tre aggregat som er tilknytt Haugsdalsvassdraget og to aggregat for Matrevassdraget. Slukeevne for desse aggregata er til saman ca  $53 \text{ m}^3/\text{s}$ . I år 2000 gjekk det gjennomsnittleg  $44,0 \text{ m}^3/\text{s}$  gjennom kraftverket og ut i fjorden, noko som tilsvarer ei total vassmengd på omlag  $1.390 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

Årssyklusen for ferskvasstilførsle er ulik det ein til vanleg ser for ikkje-utbygde elver. Vanlegvis vil ei elv ha liten eller ingen vassføring om vinteren, ein eller fleire flaumperioder om våren (i samband med snøsmelting), ein viss reduksjon om sommaren, og så meir eller mindre jamt stor vassføring om hausten. I regulerte vassdrag er tilførslene gjerne jamnare heile året, men med ein viss auke i produksjonen om vinteren når etterspurnaden er størst. Dette er tilfellet og for kraftverket i Matre. Avlaupssyklusen for år 2001 for Matre Kraftverk er synt i **Figur 6**.

Kraftproduksjonen og dermed vassstilførsle har dei siste åra variert etter etterspurnad (effektkøyring) og prisnivå. Anlegget kan derfor i periodar vere kobla ut slik at det ikkje er vassstilførsel herfrå i det heile. Slike periodar med driftsstans varer vanlegvis i nokre timar (gjerne om natta), men kan og kome opp i eit par døgn lengde. Eit eksempel på korleis tilført vassmengd kan variere er vist i **Figur 7**. Det er rimeleg å gå ut ifrå at desse variasjonane i tilførslene påverkar sirkulasjonen i Matrevågen og utover i fjorden. I tillegg medfører slik produksjonsstans visse problem for vassforsyninga til Havbruksstasjonen.



**Figur 6.** Avlaup (m<sup>3</sup>/s) frå Matre Kraftverk i år 2001. Data frå BKK.



**Figur 7.** Avlaup frå Matre Kraftverk i mai-juni 2001 m<sup>3</sup>/s. Merk periodene med stans i kraftproduksjonen. Data frå BKK.

### 3. Måling og datainnsamling, 2001

#### 3.1 Hydrografi og vasskjemi

Hydrografi og vasskjemi blei målt på to stasjonar: ein inne i Matrevågen (ca 23 m djupne) og ein ute i djupbassenget (190 m). Kartet i **Figur 8** viser plassering for målestasjonane. **Tabell 5** syner tidspunkt og omfang av prøvetaking og måling.



**Figur 8.** Plassering av målestasjonar for hydrografi og vasskjemi (●); Sedimentprøver med fauna, organisk innhald og tungmetall (◆); Sedimentprøver for visuell vurdering (◆); Posisjon for strømmålar (□).

Salinitets- og temperaturprofilar vart målt med ein SeaBird SBE19 CTD (SeaBird Electronics 1997). Denne sonden måler sjøens temperatur og konduktivitet med stor nøyaktigheit. Instrumentet måler automatisk i fast tidsintervall (0,5 sekund for dette måleprogrammet) mens det blir senka nedover i sjøen, og måler samstundes omgjevande trykk (djup). Resultatet er ein vertikalprofil av temperatur samt utrekna salinitet og sjøvatnets densitet på målestasjonen.

Vassprøver frå ulike djupner blei tatt med enten Ruttner eller Niskin vasshentar. Desse er opne medan dei blir senka ned, og blir stengde i aktuelt djup ved hjelp av eit slepplodd som glir raskt nedover langs snora/wiren. Prøver blei tatt for analyse av oksygeninnhald (etter Winklers metode), organisk karbon (TOC), nitrogen (Tot-N), fosfor (Tot-P), nitrat ( $\text{NO}_3$ ) og fosfat ( $\text{PO}_4$ ). Vassprøvene blei tatt på same måleposisjon som hydrografi-registreringane, i 2 og 20 m djup på Stasjon 1 og 50 og 100 m djup på Stasjon 2. I tillegg blei det tatt ekstra oksygenprøver like over botn i djupbassenget (St. 2) den 13. november då ein hadde tilgang på større båt (M/S "Solvik") med vinsj og spesielt godt ekkolodd.

**Tabell 5.** Oversikt over NIVAs hydrografimåling og prøvetaking i sjøen september 2001-januar 2002.

Dato	Hydrografi	Oksygen	Vasskjemi
03.09	x		
03.10	x	x	x
31.10	x	x	
13.11	x	x	x
28.11	x	x	
10.12	x	x	
04.01	x	x	

### 3.2 Strømmåling

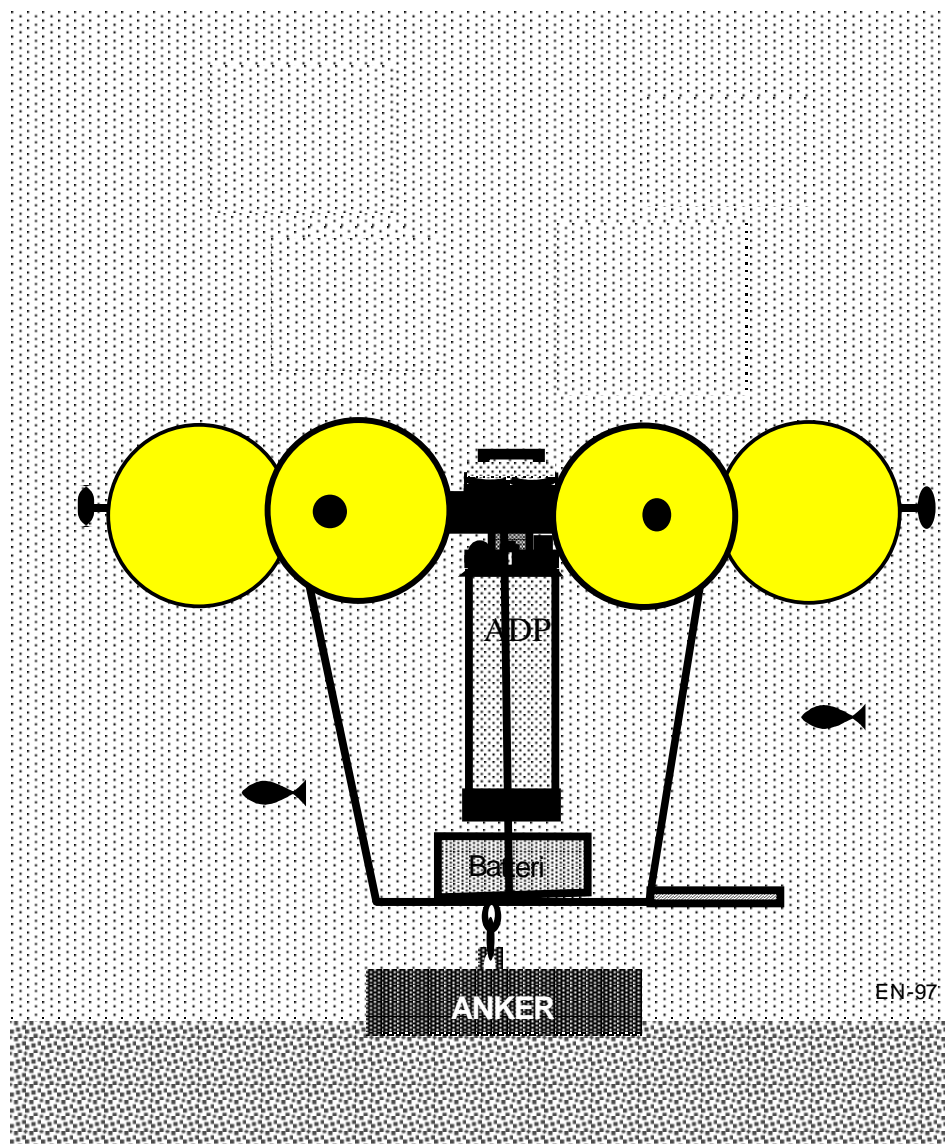
Til å måle strøm i ulike djup der nytt utslepp er tenkt plassert, vart det nytta eit akustisk instrument, Nortek 500 kHz ADP (Nortek 1996). Målaren sender ut lydsignal oppover i tre ulike retningar. Desse signala vert reflektert av partiklar og gassbobler som driv med strømmen. Ved å registrere faseforskyvinga av retursignalet kan instrumentet så rekne ut strøm i alle tre retningsdimensjonane i ulike avstandar frå målaren (djupnesjikt).

Måleinstrumentet blei montert i ein oppdriftsramme (**Figur 9**) og senka ned med lodd slik at det stod ca ein meter over botnen. Riggen vart så sikra til land med eit tau langs botnen.

Instrumentet var programmert til å måle og midle strøm i 18 sjikt, kvart på ein meter, oppover mot overflata over tre minutt innafor ti minutt periodar. **Tabell 6** gjev fleire opplysningar om måleoppsettet.

**Tabell 6.** Detaljopplysningar om oppsett og programmering av NORTEK 500 kHz strømmålaren.

<b>Målestart</b>	13.11.2001 kl. 10:00	<b>Tal på måleceller</b>	18
<b>Opphenting</b>	10.12.2001 kl. 12:00	<b>Måleintervall</b>	10 min
<b>Posisjon, nord</b>	60°52.277 N	<b>Midlingsintervall</b>	3 minutt
<b>Posisjon, øst</b>	05°34.970 Ø	<b>Pingrate</b>	2 sekund
<b>Botndjupne</b>	~ 23 m	<b>Cellehøgde</b>	1,0 m



**Figur 9.** Skisse av ADP strømmålar i oppdriftsramme nær botn.

### 3.3 Sediment og botndyr

Prøvetaking av sediment for ulike analysar blei gjennomført 13. november 2001. Under prøvetaking var det gode arbeidstilhøve; kaldt og godt ver, og lite vind.

På kvar av dei to stasjonane inne i Matrevågen, kalla SED 1 (mellom "Tippen" og elva) og SED 2 (jfr. **Figur 8**) blei det tatt to grabbprøver for granskning av botndyr. På begge desse stasjonane blei det òg tatt separate grabbprøver for analyse av kornfordeling, organisk kjemi (TOC, N og P) og tungmetall. På ein stasjon ved det planlagde sjøvassinntaket (100 m djup sørvest av Matreøya, kalla "Inntak" på figuren) og ein stasjon ute i djupbassenget vest av Matreøya (ved Stasjon 2) blei det gjort grabbhogg for visuell vurdering (farge, konsistens, lukt). Her blei det også tatt ut og lagra separate prøver som seinare kan analyserast for kornfordeling, organiske komponentar og tungmetall.

Prøvene blei tatt med ein 0.1 m<sup>2</sup> van Veen botngrab. Denne grabbtypen arbeider godt i mudderholdige og sandige sediment og tek også tilfredsstillande prøver på skjelsand. Prøvene for gransking av botndyr blei sikta på 5 mm og 1 mm sikter for fjerning av finmateriale. Sikterestene blei så konservert i 4-6 % nøytralisert formaldehydløysing og brakt til NIVAs laboratorium for vidare analyse.

For dei sedimentkjemiske analysene blei det tatt delprøver av overflatesedimentet (0-2 cm). Desse delprøvene blei tatt gjennom ein inspeksjonsluke på toppen av grabben. Prøvene vart oppbevart djupfrosne fram til analyse i laboratoriet. Prøvetakinga blei gjort i samsvar med Norsk Standard 9423.

**Tabell 7.** Oversyn over prøvetaking av botnsediment og botndyr i Matre 13. november 2001.

<i>Stasjon</i>	<i>Lokalitet</i>	<i>Djup</i>	<i>Korn- storleik</i>	<i>Organisk innhald</i>	<i>Tung- metall</i>	<i>Botn- dyr</i>
SED 1	Ved utslepp 1 (indre Matrevågen)	21	X	X	X	X
SED 2	Matrevågen (ved utslepp 2)	28	X	X	X	X
'Inntak'	Matrevågen	100	X*	X*	X*	
St. 2	Ytre basseng	187	X*	X*	X*	

\* Prøvene er lagra for eventuell seinare analyse.

## 4. Resultat av NIVAs måling/prøvetaking i 2001

### 4.1 Hydrografi

#### 4.1.1 Hydrografi på stasjon 1, Matrevågen

På stasjon 1 i Matrevågen var det låg salinitet i dei øvste 3-5 m (tjukkare brakkvasslag utover hausten), saliniteten auka nedover derfrå til mellom 31 og 33 ppt i 20 m djup. Temperaturen var oftast noko lågare i overflatelaget (mellom 6 og 14 °C) enn i vatnet på midlare djup (ca. 10 – 15 °C). På nokre av målingane var det eit temperaturmaksimum i varierende djup mellom 3 og 12 m. I 20 m djup var temperaturen heile tida rundt 10-13 °C.

Vertikalfordelinga av densitet, som er den resipientparameteren som i størst grad styrer innlagring av utsleppsvatn, var heile tida ganske lik. Den auka markert i dei øvste 3-5 m, frå om lag 1.000 i overflata til 1.022 kg/m<sup>3</sup> i 4-5 m. Nedanfor dette laget med brakkvatn var densitetsauken moderat, typisk med 1-4 kg/m<sup>3</sup> ned til 20 m djup. Som døme på ein hydrografiprofil er målingane frå 3. oktober 2001 i Matrevågen vist i **Figur 10**.

#### Samanlikning mellom 1973 og 2001

Stasjon 1 låg i området mellom dagens utsleppsleidning Nr 1 og planlagt utslepp, Nr 3. Overflatevatnet i dette området er påverka vekselvis av Matreelva og avlaup frå Kraftverket. Dette medfører til dels store variasjonar over tid, særleg for saliniteten. Under målingane hausten 2001 låg overflateverdiane stort sett over 15 ppt i salinitet, men det 1972-73 var målt heilt ned i 1-2 ppt i overflata i dette området (Sætre 1974).

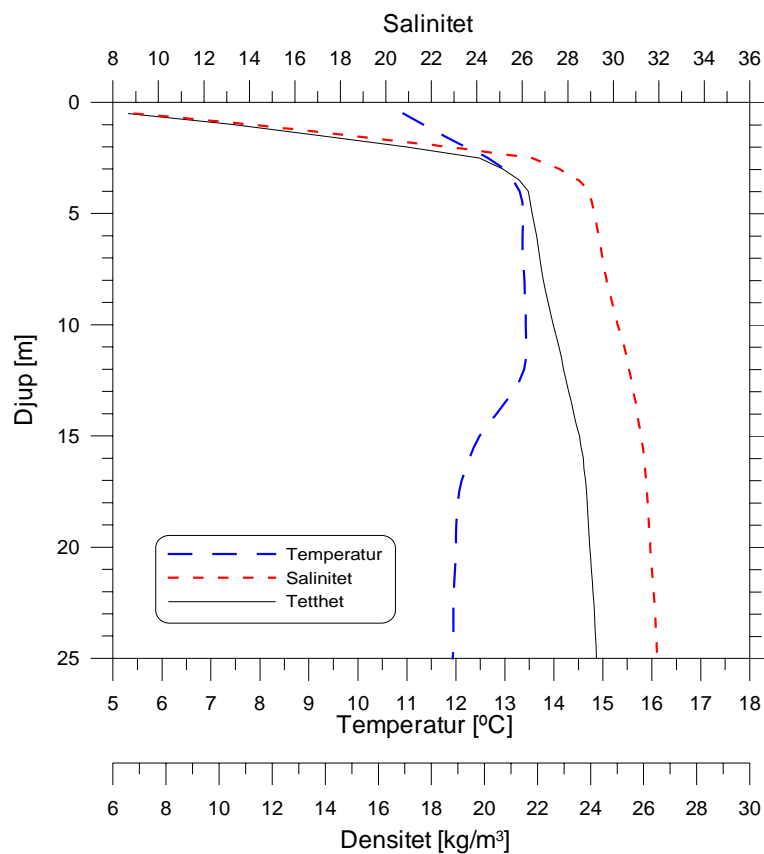
I høve til hausten 1973 synte verdiane frå 2001 mindre ferskvassinnslag i overflata. Pyknoklinen kan sjå ut til å ha strekt seg litt djupare i 2001 samanlikna med 1973 (4 m, resp. 3 m djup). 30 ppt i salinitet kunne registrerast frå 3m djup i begge måletidsromma, og saliniteten nær botn låg rundt 32-33 ppt i begge høve. Tilførsleane frå kraftverket var tilnærma like i dei to periodene (typisk 35-50 m<sup>3</sup>/s), med atterhald om at momentantilførsleane ved måletidspunkta for hydrografi kan ha synt noko avvik.

#### 4.1.2 Hydrografi på Stasjon 2, vest av Matreøya

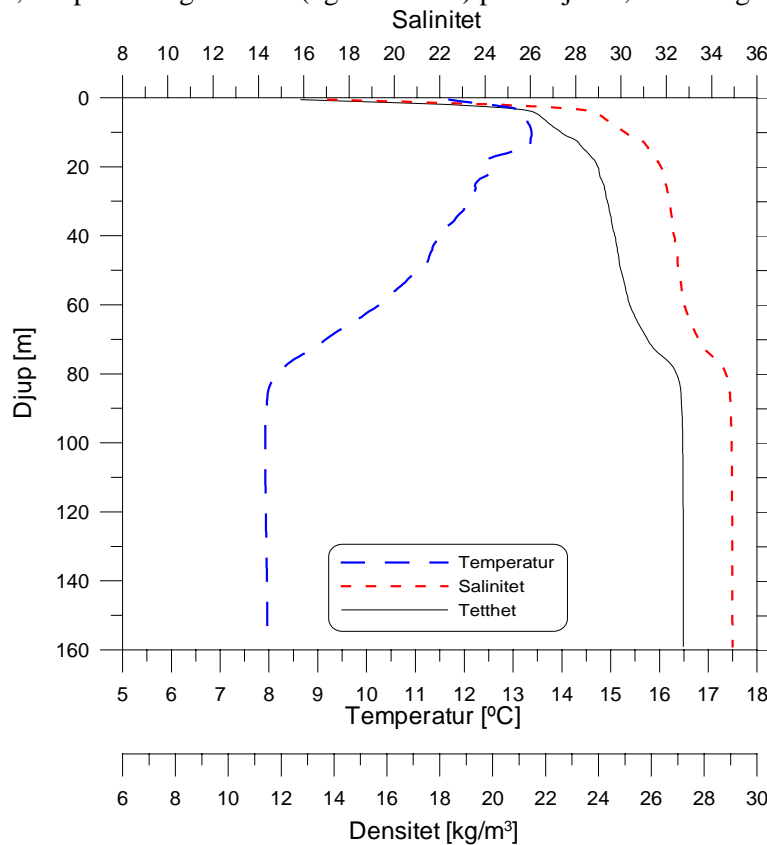
I bassenget vest for Matreøya - på Stasjon 2 - var forholda i overflatelaget om lag som inne i Matrevågen, med raskt aukande densitet i dei øvre få meter og med moderat auke herfrå og ned til ca. 80-90 m djup. Derfrå og ned til botnen var det svært stabile forhold, med temperatur på 8 °C, salinitet på 34.9 og densitet rundt 1.027,2 kg/m<sup>3</sup>. Målingane frå 3. oktober 2001 er vist i **Figur 11**.

### 4.2 Oksygen

Oksygenmålingane som er gjort, syner at det ikkje var kritisk låge O<sub>2</sub>-verdiar verken i Matrevågen eller i djupbassenget utanfor Matreøya i måleperioden. Oksygeninnhaldet avheng av produksjon av oksygen gjennom fotosyntese, forbruk gjennom nedbryting og respirasjon, samt vatnets evne til å løyse og halde på oksygenet. Sjøens opptaksevne for O<sub>2</sub> er primært styrt av vatnets temperatur, og i mindre grad salinitet. **Tabell 8** syner dei målte oksygenverdiane på Stasjon 1 i Matrevågen. I overflata låg verdiane mellom 5,8 og 6,9 ml/l i heile perioden. Dette svarer til ein metningsgrad på 88-95 prosent (basert på CTD-målingane). I 20 meters djup var det alltid lågare oksygeninnhald, mellom 4,9 og 5,2. Metningsgraden var her 78-86 prosent.

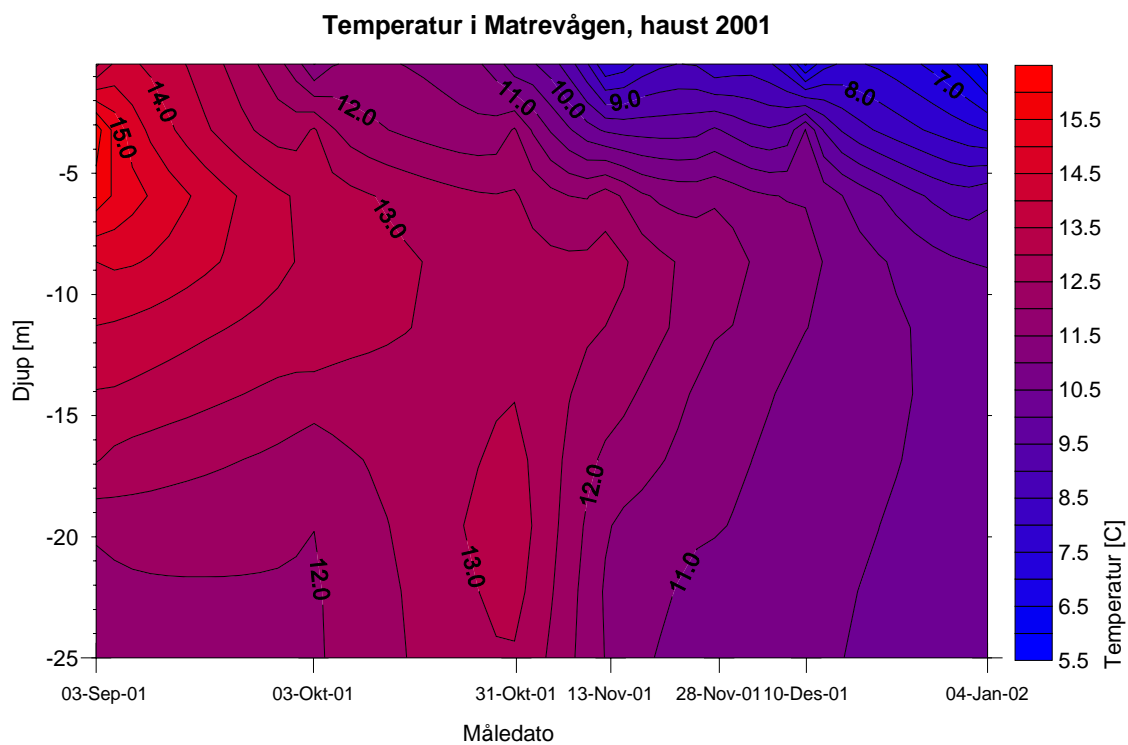


**Figur 10.** Salinitet, temperatur og densitet ( $\text{kg/m}^3 - 1000$ ) på Stasjon 1, Matrevågen, 3. oktober 2001.

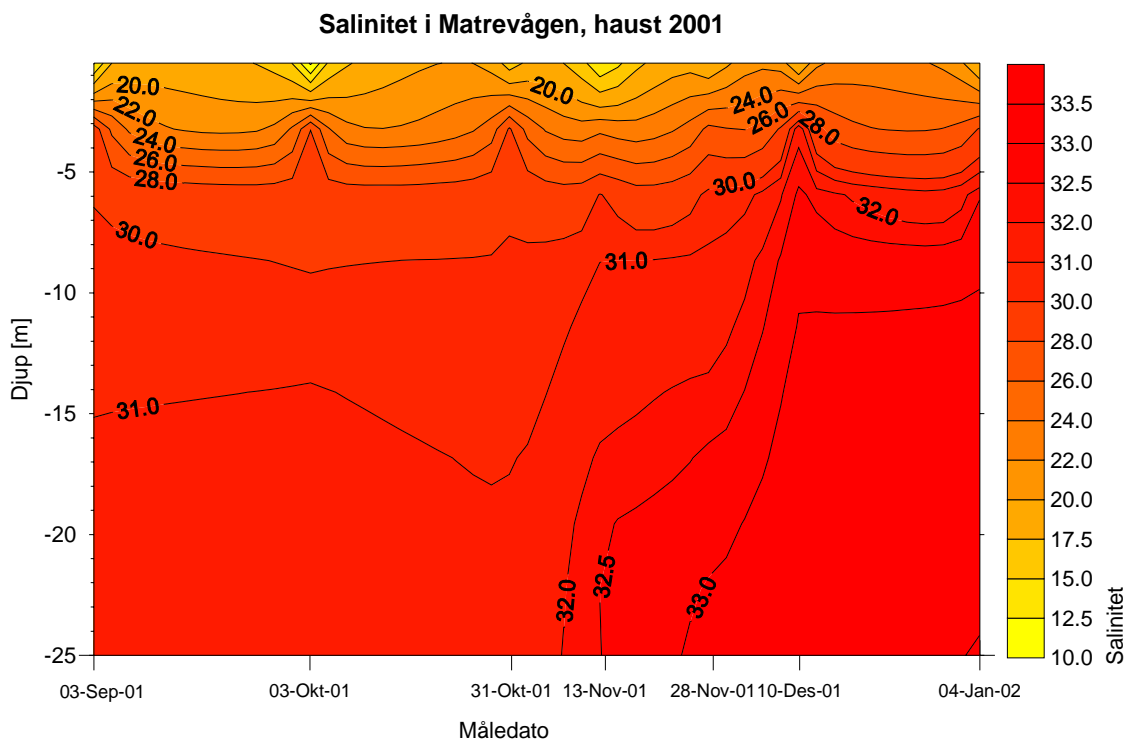


**Figur 11.** Vertikalprofil av salinitet, temperatur og densitet frå Stasjon 2, 3.oktober 2001.





**Figur 12.** Temperatur i Matrevågen, hausten 2001.



**Figur 13.** Salinitet i Matrevågen, hausten 2001.

Sidan full årssyklus med målinger ikkje er oppnådd, må ein vere varsam med å trekke endelege slutningar i høve til SFTs klassifisering for vasskvalitet (SFT 1997). Men dersom dei verdiane som ligg føre representerer års-minimum, tilfredsstiller dei "Klasse I ("særs god") i Matrevågen.

**Tabell 8.** Oksygenverdiar (ml/l) og metningsprosent i Matrevågen, Stasjon 1.

Djup \ Dato	03.10.01	31.10.01	13.11.01	28.11.01	10.12.01	04.01.02	
2 m	6,04-94,7	5,84- 87,8	6,91- 92,7	6,47- 92,5	6,42- 93,9	6,63-90,2	ml/l - %
20 m	5,18-83,8	5,17- 85,6	5,03-80,9	4,87-77,9	4,89-77,7	4,97-78,4	ml/l - %

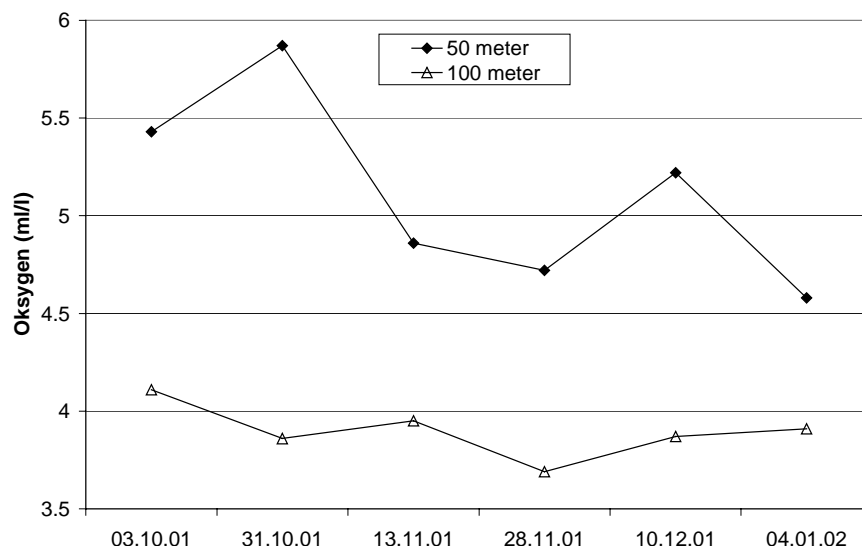
På Stasjon 2, i djupbassenget vest av Matreøya, blei det tatt oksygenprøver i 50 og 100 m djup på fem tidspunkt. I tillegg blei det gjort målinger i djup 160-185 m når det var godt høve til dette. Resultata er synt i **Tabell 9**.

I 50 m djup var det mellom 4,6 og 5,9 ml/l oksygen i måleperioden, med fortsatt avtakande tendens i januar, 2002 (**Figur 14**). Metningsgraden varierte mellom 71 og 95 prosent. I 100 m djup var oksygeninnhaldet lågare: 3,7 til 4,1 ml/l (metningsgraden mellom 56 og 62 prosent). I motsetnad til i 50 m djup var det relativt konstante tilhøve gjennom måleperioden, med tendens til litt oppgang i oksygen mot slutten.

Med same atterhald som for Stasjon 1 om å nytte SFTs kriteriar, vil verdiane i 50 m på Stasjon 2 kunne tilfredsstille klasse I og verdiane i 100 m klasse II ("god").

**Tabell 9.** Oksygenmålingar (ml/l - metningsprosent) i Matre, Stasjon 2

Djup \ Dato	03.10.01	31.10.01	13.11.01	28.11.01	10.12.01	04.01.02	
50 m	5,43- 86,7	5,87- 94,7	4,86- 74,7	4,72- 73,2	5,22- 82,4	4,58-71,3	ml/l - %
100 m	4,11-62,1	3,86-58,3	3,95-59,8	3,69-55,7	3,87-58,5	3,91-59,2	ml/l - %



**Figur 14.** Tidsutvikling for målt oksygeninnhald (ml/l) i 50 m og 100 m djup på stasjon 2.

#### 4.2.1 Oksygenprøver nærare botnen.

13. november ble det tatt ein Winkler-prøve i 185 m djup. Analysen viste eit oksygeninnhald på 4,53 ml/l, tilsvarande ein metningsgrad på 68,6 %. 28.11 og 10.12 blei det tatt prøver på 160 m djup. Her var oksygeninnhaldet på 3,92 og 3,99 ml/l, respektivt (metningsprosent ca. 60 for begge prøve-tidspunkta).

Verdiane i desse djupa nær botnen var m.a.o. høgare enn verdiane i 100 m djup på same måletidspunkt.

### 4.3 Vasskjemi

Resultat av analysar av vassprøvene frå dei to stasjonane er synt i **Tabell 10**.

Prøvene frå 2 m djup i Matrevågen kan relaterast til SFTs tilstandsklasser for næringssalt i overflatelaget, sjølv om klassifiseringa forutset eller tilrår fleire prøver over året enn det vi har. Tot-P og Tot-N tilsvarende klasse I ("særs god"). PO<sub>4</sub> tilsvarende klasse I eller II ("særs god"/"god") og NO<sub>3</sub> klasse III ("mindre god"). Nitrat ligg m.a.o. i grenseland ned mot dårleg vasskvalitet. Dei relativt høge verdiane skuldast sannsynlegvis lokale utslepp.

**Tabell 10.** Resultat av analysar av vassprøver tatt 3. oktober og 13. november 2001 ved Stasjon 1 (Matrevågen) og Stasjon 2 (vest av Matrevågen).

Stasjon \ Dato	Tot-P [µg/l]		PO <sub>4</sub> -P [µg/l]		Tot-N [µg/l]		NO <sub>3</sub> -N [µg/l]		TOC [mg/l]	
	03.10	13.11	03.10	13.11	03.10	13.11	03.10	13.11	03.10	13.11
St. 1, 2 m	9	12	1	6	245	165	50	57	2,3	1,4
St. 1, 20 m	12	19	7	13	190	175	74	82	1,5	1,4
St. 2, 50 m	12	25	9	19	185	190	66	111	1,7	1,2
St. 2, 100 m	37	47	34	40	295	280	185	280	1,9	1,1

TOC prøvene representerer summen av levande (alger) og daudt organisk materiale i sjøvatnet. Høgast verdi var 2,3 mg/l, i Matrevågen i oktober. Verdiane blei redusert frå oktober til november, i alle prøvetakingsdjup. Dette tyder på at materialet ikkje hopar seg opp men blir redusert og remineralisert med forbruk av oksygen. Både 50 m og 100 m djup på Stasjon 2 hadde fallande oksygenverdiar i same perioden.

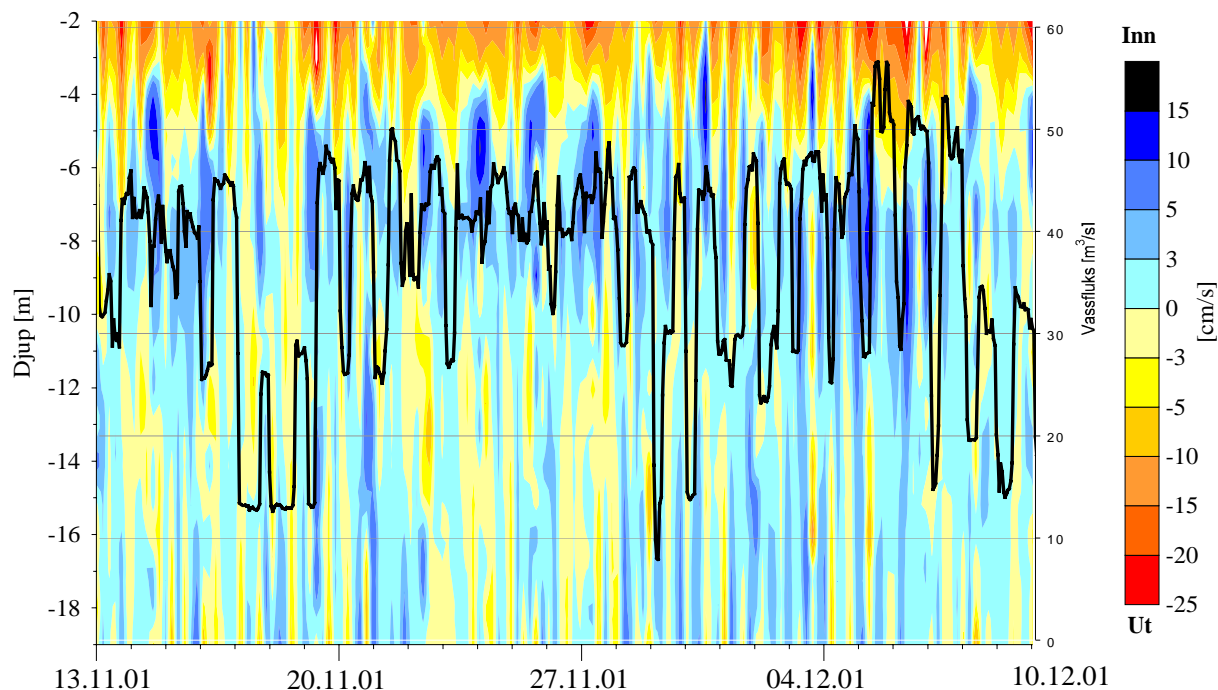
### 4.4 Strøm

Eit oversiktsbilete av korleis strømmen i Matrevågen varierer i djupet over tid er vist i **Figur 15**. Strøm ut av vågen (mot vest) er gitt negativ verdi og strøm inn er positiv. Den sterke utgåande strømmen i det brakke overflatelaget er tydeleg (raud/orange farge). Likeeins kan ein sjå kompensasjonsstrømmen som kjem inn under dette laget, som ein overvekt av positive (blått) målingar i djup 5-10 m. Det kan og sjå ut til å vere eit visst bidrag frå vekslende tidvatn, spesielt i den djupaste halvdel av måleintervallet.

I **Tabell 11** er en del statistiske verdiar frå utvalde djup vist. I tillegg til gjennomsnittleg og maksimal strøm samt standardavvik er det òg gitt ein residualstrøm for kvart djup. Dette kan seiast å vere ein gjennomsnittleg netto- eller reststrøm – summen av alle måleverdiane fordelt etter retning dividert på den samla måleperioden. Residual retning er korresponderande nettoretning for heile perioden.

Tabellen syner (som figuren) at strømmen var sterkast i det øvre laget (3 meter), både i gjennomsnitt og for maksimalstrøm. Residualstrømmen var òg sterk, og retta mot sørvest (221 grader). Stabilitetsfaktoren lengst til høgre i **Tabell 11** viser i kor stor grad strøm i den oppgitte residualretninga dominerer. Stabilitetsfaktor på 1,0 tyder at strømmen er heilt einsretta, mens lågare verdiar tyder på større variasjon i retning. I 3 m djup var strømmen ganske stabilt retta utover, med stabilitetsfaktor 0,83. I 5 m djup er det fortsett sterk strøm, men her er han retta så og seie rett mot aust (94 grader residualretning). Det var stor retningsstabilitet i dette djupnesjiktet også. I sjikt mellom 3 og 5 m var det hyppig registrert svak strøm (**Figur 15**), noko som stadfester at strømmen snur i dette sjiktet. På større djup var strømmen tydeleg svakare og langt meir retningsvariabel. Det er likevel ein viss nettostrøm inn i Matrevågen også i desse djupa.

Tilførslene frå kraftverket påverkar også strømmen. I periodar med små tilførsler er strømmen tydeleg svakare både for retning ut- og inn (sjå t.d. 17-19. november og heilt sist i måleperioden i **Figur 15**). Periodar med større tilførsler er positivt korrelert med sterkare strøm, (sjå t.d. perioden 5-6. desember).

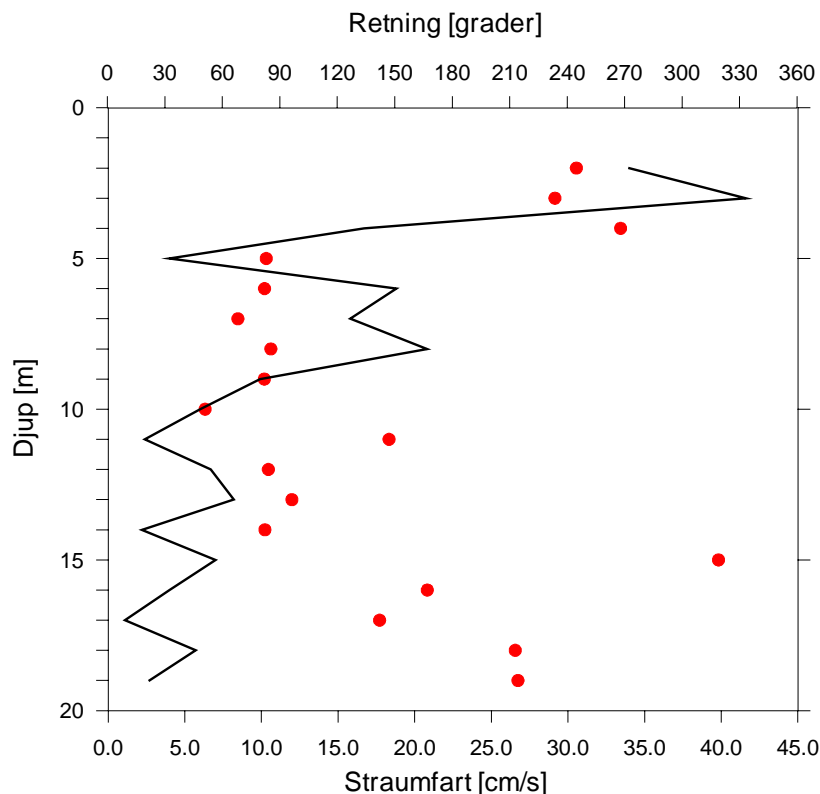


**Figur 15.** Strøm inn i og ut av Matrevågen i ulike djup, november-desember 2001. Den svarte kurva syner ferskvasstilførslene (fluks, m<sup>3</sup>/s) frå kraftstasjonen i same perioden.

**Tabell 11.** Statistiske verdiar frå utvalde djup frå strømmålingane i Matrevågen nov.-des. 2001.

Djup [m]	Strømstyrke, gj.snitt [cm/s]	Maksstrøm [cm/s]	Standardavvik [cm/s]	Residualstrøm [cm/s]	Residual retn. [grader]	Stabilitet
3	15,9	59,0	13,24	13,2	221,2	0,833
5	9,4	33,2	5,59	7,3	94,1	0,784
10	4,9	18,9	5,59	0,5	119,8	0,091
15	5,0	18,9	5,51	0,6	97,9	0,120
19	5,3	18,2	5,42	1,0	119,0	0,193

**Figur 16** syner ein typisk enkelt-profil av strømmen i Matrevågen. I overflatelaget var strømmen sterk (20-40 cm/s) og retta utover, mot vest-sørvest. Rundt 5 m djup snudde strømretinga mot aust-nordaust, d.v.s innover mot vågen, medan farten framleis var høg (over 15 cm/s). Under 10 m djup avtok strømstyrken til omlag 5 cm/s, og retinga var meir varierende, men med tendens til utoverretta strøm.



**Figur 16.** Strømfart (line) og -retning (punkt) i ulike djup i Matrevågen 03.12.2001 kl 17:00.

#### 4.5 Varighetsanalyse for strøm

Vi har nytta ein eigenutvikla metode, "Varighetsanalyse" (Golmen 1994) på tidsseriane for strøm (fart og retning) for å søke talfeste graden av stagnerande vatn som underlag for vurderingane omkring val av utsleppsstad/djup. Varighetsanalysen finn tal på og varighet av periodar i ein måleserie av lengd  $\tau$  der strømmen vedvarande ligg under gitte verdier, t.d. 2 cm/s, 3 cm/s etc før strømmen igjen blir sterkare t.d. ved fløande sjø. Metoden supplerer spektralanalysen, som i staden vektlegg periodisitet og styrke av variasjonar (amplitude). Ved vanleg spektralanalyse reknar ein med periodisitet over eit vidt spekter av frekvensar, mellom  $1/2\tau$  og  $1/2\Delta$ . - der  $\Delta$  er måleintervallet, t.d. 15 minuttar. I føreliggjande metode er kravet til periodisitet ikkje lagt vekt på. Den går i staden ut på å finne tal på periodar i serien der strømstyrken vedvarande er lågare enn (eller evt. overskrir) ein valt verdi  $V_j$ . Resultata er til nytte i samband med vurdering av opphaldstid for sjikt i fjordar og også ved vurdering av spreining av partiklar og forureining, slik som i Matre.

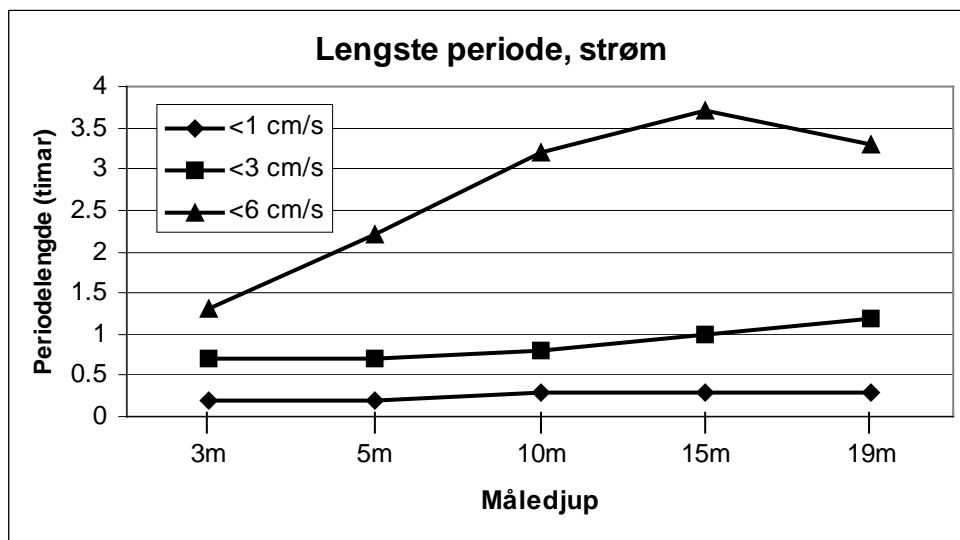
Fullstendige resultat for varighetsanalysene, med forklaring, er synt i **VEDLEGG A. Tabell 12** syner utdrag av resultata, saman med litt statistikk delvis henta frå **Tabell 11**. Resultata blir også diskutert i sluttkapittelet, saman med andre resultat.

Av resultata framgår det ingen særskilt lange periodar med svak strøm; for strømfart under 1 cm/s var det i praksis nesten utelukkande enkelt-målingar (10 minutt) som låg under denne verdien, og gjennomsnittet låg difor rundt 10 minutt (0,17 timar) i alle djupa. Hovudtendensen var lenger svakstrøms-perioder med aukande djup. For strøm under 6 cm/s (og høgare grenseverdier) endra biletet seg noko, med eit maksimum for 15 m djup (lengste periode 3,7 timar). **Figur 17** og **Figur 18** illustrerer dette, både for lengste periode og middel periode, for strøm under h.h.v. 1, 3 og 6 cm/s. Tendensen var at 10 og 15 m djup hadde lenger periodar enn 19 m og grunnare djup, for strømverdier på 5-6 cm/s og over.

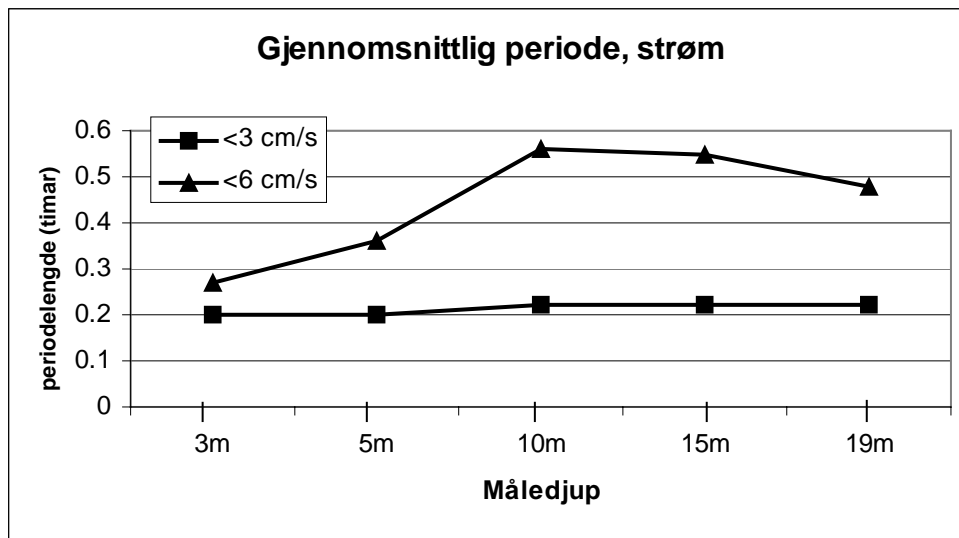
**Tabell 12.** Resultat (utdrag) av varighetsanalyse for NIVAs strømmålingar i Matre, november-desember 2001. Retningsstatistikken er basert på 45-graders intervall. Strømretning er definert som kompassretninga strømmen går mot. For fullstendige resultat, sjå VEDLEGG A.

	Måledjup					
	2m	3m	5m	10m	15m	19m
Middel strømstyrke (cm/s)	23,2	15,9	9,4	4,9	5,0	5,3
Maksimal strømstyrke (cm/s)	64,9	59,0	33,2	18,9	18,9	18,2
Varians, strøm (cm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	98,5	113,6	26,1	7,1	7,2	7,9
<i>Resultat av varighetsanalysen, for strømfart:</i>						
Lengste periode (t) med strøm under 1 cm/s	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
Lengste periode (t) med strøm under 2 cm/s	0,3	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5
Lengste periode (t) med strøm under 3 cm/s	0,5	0,7	0,7	0,8	1,0	1,2
Lengste periode (t) med strøm under 10 cm/s	3,5	3,5	15,2	22,5	41,0	20,0
Middelperiode (t) med strøm under 6 cm/s	0,25	0,27	0,36	0,56	0,55	0,48
Middelperiode (t) med strøm under 10 cm/s	0,41	0,49	0,69	4,16	3,46	2,93
<i>Resultat for strømretning:</i>						
Dominerande (sekundær) strømretning	NW	NW	E	E	E(W)	E
Middel per. (t) med strøm i domin. retning	0,8	0,7	0,5	0,2	0,2 (0,2)	0,24
Lengste per. (t) med strøm i domin. retning	8,5	8,1	3,7	1,5	1,0 (1,7)	1,8

For hovedstrømretning kjem same biletet fram som Tabell 11 ga, nemleg at lengste periodar med strøm vedvarande i ei retning er konsentrert om utgåande (NW) i øvste metrane, og tendens til inngåande strøm djupare nede. Dårlegast definert hovedstrømretning var det i 10 og 15 m djup, med berre korte periodar (< 2 timar) med vedvarande målingar i hovedstrømretninga.



**Figur 17.** Lengste målte periode med strøm vedvarande under h.h.v. 1, 3 og 6 cm/s.



**Figur 18.** Gjennomsnittleg varighet i kvart måledjup for periodene med strøm vedvarande under 3 og 6 cm/s. For strøm under 1 cm/s var alle gjennomsnittsverdiane rundt 0,17 timar. Merk at 10 og 15 m djup ser ut til å ha dei lengste svakstrømsperiodene.

## 4.6 Botnsediment og botnfauna

### 4.6.1 Sedimenttilhøve

Ved utsleppet for Leidning Nr 1 (St. SED 1) var det mørkt sediment som inneheldt mykje organisk materiale og hadde lukt av forråtningsgassen hydrogensulfid ( $H_2S$ ). Sjå **Tabell 13**. Det var ikkje større former av botndyr i prøvene. I sedimentet var det etter måten mykje restar av plantemateriale frå land, for det meste fragment av blad, mose, gras og pinnar. Dette er materiale som kjem ut i sjøen med ferskvatn. Det er vanleg å finne mykje planterestar i botnsedimentet i indre fjordområde.

I Matrevågen ved utsleppet for Leidning 2 (St. SED 2) var sedimentet lysare enn ved utsleppspunktet for Leidning Nr 1. Det var særskild mykje restar av plantemateriale frå land i sedimentet. Dette materialet bestod for det meste av restar av blad, mose, småpinnar, men det var også litt treflis og nokre små barkbitar. I ein av prøvene var det mykje mineralsand. Både planterestar og sand er mest truleg ført ut i fjorden med Matreelva.

Utafor Matrevågen der inntaket for sjøvassleidninga er tenkt plassert, var sedimenttilhøva rimeleg gode. Sedimentet var mørkt, noko som nok skuldast høgt organisk innhald, men sedimentet var friskt og var utan lukt av hydrogensulfid. Dette tyder på at vassutskiftinga er god og at det ikkje samlast opp organisk materiale på staden.

I fjordbassenget var også sedimentet friskt. Langvarig stagnasjon og eventuelt  $H_2S$  er neppe tilstades, og oksygenverdiane i djupvatnet var tilfredsstillande.

**Tabell 13.** Prøvetaking av sediment og botndyr i Matre 13. november 2001. Lokalitetar, djup, antal prøver med botngrabb og observasjonar av sediment.

Stasjon	Djup m	Antal prøver	Observasjonar	Sikterest (materiale > 1 mm)
SED 1	21	3	Mørkt grått finkorna noko seigt sediment, mørk overflate med mykje organisk materiale. Lukt av hydrogensulfid (H <sub>2</sub> S). Ikkje synlege botndyr på sedimentoverflata. Grabb 70-75% full.	Volum 0.3-0.4 liter pr prøve. Mykje rester av blad og mose, plantefiber og småpinnar. Nokre trebitar og treflis. Røyr av <i>Pectinaria</i> , nokre få andre røyr. Litt mineralgrus. Skaller av <i>Thyasira</i> , <i>Macoma</i> og <i>Corbula</i> . Litt fiskebein. Mykje rundmark.
SED 2	28	3	Sandig lyst grått sediment. Mykje planterestar frå land. Slangestjerner og mark på sedimentoverflata. Grabb 60-70% full.	Volum 2-5 liter per prøve. Mykje planterestar, mest fragment av blad og mose, ein del småpinnar og treflis, plantefiber og barkbitar. Mykje mineralsand i ein prøve (> 3 liter).
'Inntak'	100	1	Mørkt grått, blaut og finkorna sediment.	-
St. 2	187	1	Mørkt grått, blødt og finkorna sediment.	-

#### 4.6.2 Finstoff og organisk innhald i sediment

Analysene av botnsedimentet syner at det var finkorna sediment på stasjon SED 1, mens det var grovare sediment med lågare innhald av finstoff i Matrevågen (**Tabell 14**). Innhaldet av organisk materiale var etter måten høgt på begge stasjonane. Sett ut frå SFTs miljøkvalitetskriterium med omsyn på TOC kjem stasjonane i tilstandsklasse IV 'dårleg tilstand'. I dette systemet vert verdien for TOC normert ved å rekna om til teoretisk 100% finstoff (SFT 1997).

**Tabell 14.** Resultat frå analysar av sedimentprøver på stasjon SED 1 og SED 2 13. november, 2001. Verdiane er for kornstorleik (% silt og leir, < 63 µm), tørrstoff (TTS) og total organisk karbon (TOC).

Parameter	Djup	Korn <63µm	TTS	TOC	Norm TOC	SFT klasse
Eining	m	%, tørrv.	g/kg	mg/g	mg/g	
SED 1	21	69	585	31,8	37,4	IV
SED 2	28	33	532	25,9	38,0	IV

Analysar av organiske komponentar og svovel i sedimentet er synt i **Tabell 15**. Det var etter måten høge verdiar for svovel på stasjon SED 1.

Forholdstala mellom karbon, nitrogen og fosfor indikerer noko om opphavet til botnmaterialet. I sediment som ikkje er påverka av tilførsler frå land og der det organiske materialet i hovudsak har marint opphav (t.d. frå plankton-organismer), ligg forholdstalet mellom karbon og nitrogen (C/N) i området 6-8. Materiale frå land inneheld meir karbon og har høgare forholdstal. Naturlege verdiar for



forholdstala mellom fosfor og karbon (P/C) og nitrogen og fosfor (N/P) i marint materiale er omkring 0,025 og 7. Dersom det vert tilført materiale som inneheld fosfor, som til dømes restar frå fiskefôr, vil P/C talet auke mens N/P-talet vert lågare.

Det var etter måten høgt C/N-forhold i botnmaterialet på begge stasjonane (**Tabell 15**). Dette er klart ei følge av dei store mengdene av planterestar som var til stades i sedimentet. N/P-forholdet var lågare enn normalt og P/C-forholdet var noko høgre enn normalt. Dette tyder på tilførsel av fosfor. Til samanlikning kan det nemnast at det i nærleiken til matfiskanlegg har vore funne N/P < 1 og P/C > 0,1 (Lømsland med fl. 1999). Våre resultat tyder på eit sediment som er anrika med materiale som er rikt både på karbon og fosfor.

**Tabell 15.** Innhald av organisk karbon (TOC), nitrogen (TN), fosfor (tot-P) og svovel (S) i sediment frå stasjon SED 1 og SED 2 og forholdstal mellom karbon, nitrogen og fosfor.

Parameter	TOC	TN	tot-P	S	C/N	P/C	N/P
Eining	mg/g	mg/g	mg/g	µg/g			
SED 1	31,8	3,0	1,67	2730	10,6	0,053	1,80
SED 2	25,9	2,1	1,37	1750	12,3	0,053	1,53

#### 4.6.3 Metall i botnsediment

Resultat frå analysene av metall er synt i **Tabell 16**. Det var høge verdiar for jern (Fe), aluminium (Al), titan (Ti) og magnesium (Mg). Alle desse er vanlege og finnes ofte i høge konsentrasjonar. Verdiane for jern og titan er innafor såkalla bakgrunnsnivå for finkorna fjordsediment gitt av Knutzen og Skei (1990).

Alle metall hadde høgre verdi ved stasjon SED 1 enn utanfor Matreelva (St. SED 2). Dette har mest truleg samband med kornstorleiken i sedimentet. Metalla er ofte bunde til finmaterialet i sedimentet. Konsentrasjonane vil difor vere høgre i finkornige sediment under elles like tilhøve.

I SFT sitt system for miljøkvalitet er det gitt tilstandsklasser for metalla kadmium (Cd), krom (Cr), koppar (Cu), bly (Pb), sink (Zn), arsen (As) og nikkel (Ni). Desse er giftige og kan ha merkbare skadeverknader for marine organismar. For alle metalla, med unntak for kadmium, var konsentrasjonane låge og svarer til tilstandsklasse I 'ubetydeleg - lite forureina'. For kadmium svarer verdiane til tilstandsklasse II 'moderat forureina'. Resultata tyder på at det ikkje er noko forureining av metall av betydning i Matrevågen.

**Tabell 16.** Resultat av analysar av sedimentprøver på stasjon SED 1 og SED 2, 13. november, 2001, for ymse metall. Alle einingar er µg/g i tørt sediment (tørrvekt).

Metall	SED1	SED2	Metall	SED1	SED2	Metall	SED1	SED2
<b>Ba</b>	96	68	<b>Sn</b>	<2	<2	<b>Mg</b>	10300	7070
<b>Cd</b>	0,34	<0,35	<b>Ti</b>	2050	1370	<b>Mo</b>	<2	<2
<b>Cr</b>	24	17	<b>Zn</b>	83,2	46,4	<b>Ni</b>	14,7	10,3
<b>Cu</b>	19	15,6	<b>Al</b>	12900	8330	<b>Si</b>	1060	635
<b>Fe</b>	21300	14450	<b>As</b>	<2	<2	<b>V</b>	41,5	27,4
<b>Mn</b>	391	240	<b>Be</b>	<0,08	<0,08			
<b>Pb</b>	16,4	11,8	<b>Co</b>	12	8			

#### 4.6.4 Botndyr

Ved utsleppet for Leidning Nr 1 (St. SED 1) var det eit etter måten artsfattig dyresamfunn (**Tabell 17**). Individtettleiken var høg. Artsmangfaldet var etter måten lågt og stasjonen fall difor i tilstandsklasse IV 'dårleg tilstand' etter SFTs miljøkvalitetskriterium. Dyresamfunnet var sterkt prega av rundmark, fåbørstemark og nokre få arter av mangebørstemark. Rundmark fanst i svært høg tettleik. Dette er typisk for område der det ikkje er gode tilhøve. Samansetjinga av artar var også uvanleg, med et høgt innhald av rovlevande mangebørstemark (t.d. *Protodorvillea kefersteini*, *Phyllodoce mucosa*, *Glycera alba*). Dette er artar som ofte aukar i mengd på stader med forureining frå olje eller industri.

Artsindeksen (AI i **Tabell 18**) indikerte også at dyresamfunnet var samansett av artar med stor evne til å tåle forureining. Resultata må tolkast som at det ikkje er gode tilhøve ved stasjon SED 1.

I Matrevågen nær ved Leidning 2 og utløpet av Matreelva (St. SED 2) var talet på artar normalt, men individtettleiken var svært høg. Artsmangfaldet var etter måten høgt og stasjonen fall derfor i tilstandsklasse II 'god tilstand' etter SFTs miljøkvalitetskriterium. Det var også på denne staden etter måten mykje rundmark, men dei andre dominerande formane var artar som alle er vanlege i indre kystområde med organiske tilførsler. Dyresamfunnet var meir 'normalt' samansett enn ved stasjon SED 1 og prega av artar som nyttar organisk materiale som næring. Artsindeksen (AI) fekk også ein verdi som syner at det var artar på staden som har liten evne til å tåle forureining.

Samla sett tyder samfunnet av botndyr på at Matrevågen er påverka av organiske tilførsler, men at tilhøva er etter måten gode.

Fullstendige resultat for botnfauanprøvene er gitt i **VEDLEGG B**.

**Tabell 17.** Dominerande artar på stasjonane i Matre 13. november 2001. Gruppe: fb = fåbørstemark, k = krepsdyr, m = musling, mb = mangebørstemark, r = rundorm, sl = slangestjerne.

Stasjon SED 1			Stasjon SED 2		
Art	Gr	Ind/m <sup>2</sup>	Art	Gr	Ind/m <sup>2</sup>
Nematoda ind. <sup>1)</sup>	r	> 4000	Chaetozone setosa	mb	3480
<i>Protodorvillea kefersteini</i>	mb	3230	Nematoda ind. <sup>1)</sup>	r	> 2000
<i>Tubificoides benedii</i>	fb	1995	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	mb	1455
<i>Chaetozone setosa</i>	mb	660	<i>Thyasira sarsi</i>	m	975
<i>Macoma calcarea</i>	m	520	<i>Mediomastus fragilis</i>	mb	620
<i>Phyllodoce mucosa</i>	mb	170	<i>Prionospio cirrifera</i>	mb	380
<i>Glycera alba</i>	mb	55	<i>Jasmineira caudata</i>	mb	365
Capitellidae ind.	mb	50	<i>Protodorvillea kefersteini</i>	mb	160
<i>Mediomastus fragilis</i>	mb	25	<i>Pholoe baltica</i>	mb	145
<i>Pectinaria koreni</i>	mb	25	<i>Paradoneis lyra</i>	mb	145
<i>Westwoodilla caecula</i>	k	25	<i>Prionospio fallax</i>	mb	85
<i>Pholoe inornata</i>	mb	20	<i>Ophiura affinis</i>	sl	85
Modiolus modiolus	m	20	<i>Spio</i> sp.	mb	80
<i>Prionospio fallax</i>	mb	15	<i>Glycera alba</i>	mb	70
<i>Diastylis rugosa</i>	k	15	<i>Euclymeninae ind.</i>	mb	55

1) Nematoda (rundmark) fanges ikkje kvantitativt og er ikkje tatt med i dei statistiske analysene

**Tabell 18.** Samanfattande data for faunaen på stasjonane i Matre 13. november 2001. Indeksar for artsmangfald:  $H'$  = Shannon-Wiener indeks ( $\log_2$ ),  $E(S_{100})$  = Hurlberts indeks (artstal pr. 100 individ). AI = artsindeks for sensitivitet for forureining. Tilstandsklasser i samsvar med til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet er også vist.

Stasjon	Areal	Artstal	Ind.	Ind/m <sup>2</sup>	H'	$E(S_{100})$	AI	Klasse
SED 1 <sup>1)</sup>	0,2	21	1.374	6.870	2,1	8,5	4,6	IV 'Dårleg'
repl I	0,1	18	824					
repl II	0,1	14	550					
SED 2 <sup>1)</sup>	0,2	51	1.740	8.700	3,2	17,5	6,2	II 'God'
repl I	0,1	27	671					
repl II	0,1	43	1.069					

1) Nematoda (rundmark) fangast ikkje kvantitativt og er ikkje tatt med i berekningane

## 4.7 Vurdering av resultata

Botntilhøva i indre fjordområde er ofte sterkt prega av tilførsle av plantemateriale frå land. Organisk innhald i sedimenta er difor naturleg høgt i indre fjordområde. Dette gjeld særskilt på stader kor det kjem ut ferskvatn som transporterer ut mykje blad, kvist og mose. Ved utløp av elvar er det difor vanleg å finne botnsediment som har høgt innhald av plantemateriale. I ei større gransking frå Vestlandet karakteriserte Bjerknes et al. (1988) sediment med TOC-innhald på 30-60 mg/g som middels belasta. Resultata frå Matrevågen er difor ikkje uvanlege. At sedimenta får dårleg karakteristikk i høve til SFT sitt kriteriesystem, må meir takast som prov på at det organiske innhaldet er høgt.

Mykje av planterestane er tunge å omsetje og kan difor verte liggjande lenge på botnen. Materialet medverkar difor lite til nedbrytingsprosessar i sedimentet og har etter måten liten innverknad på dyrelivet. Som døme kan nemnast Ulvikpodden i Hardanger der det vart funne normale dyresamfunn (tilstandsklasse I) ved utløpet av elva Tysse, på ein stad kor det var sær mykje planterestar og sagflis i botnen (Johnsen og Oug 1997).

Indre fjordområde er også utsett for tilførsle av avlaupsvatn og avrenningsvatn frå jordbruk. Dette er materiale som lettare kan omsetjast og som difor påverkar dyresamfunna meir direkte. Tilførslene kan ofte være diffuse, dvs. at dei ikkje er knytt til utsleppspunkt. Påverknadene vil då være mest markante i strømsstille område, som fordjupingar i botnen kor organisk materiale hopar seg opp. I nokre tilfelle kan slike område være vanskeleg å skilje frå område som er påverka av utslepp. Resultata for fosfor i sedimentet tyder på at Matrevågen er noko påverka av avlaupsvatn. Det var ikkje skilnad mellom stasjonane, så det kan sjå ut som det var ein jamn påverknad i heile vågen.

Den mest typiske verknaden av organiske tilførsle for botnfauna er at individtala aukar, i særleg grad for artar som nyttar organisk daudt materiale som føde, men også for samfunnet totalt. Ved overbelastning, derimot, går artstalet ned. På lokalitet SED 2 i Matrevågen tyder den store tettleiken av botndyr på ein viss organisk påverknad. Samansetninga av artar var likevel normal. Ved ei gransking ved Skolmosen i ytre Masfjord vart dei same artane funne i eit fjordbasseng på omlag 60 m djupne (Risheim og Johannessen 1992). På denne staden var det lågare individtal og meir jamn fordeling mellom artane slik at artsmangfaldet var høgare. I Ulvikpodden var det også lågare individtettleik og høgare artsmangfald enn i Matrevågen. Samanlikna med desse granskningane tyder det på at dyresamfunnet i Matrevågen er påverka av organiske tilførsler.

Dyresamfunnet ved utsleppet for Leidning Nr 1 synte tydeleg at tilhøva ikkje var gode. Det er likevel noko uklart kva årsaka til dette kan være. Den høge individtettleiken kan tyde på organisk påverknad, men artssamansettinga var ikkje typisk for dette. Det er mogleg at det finst forureining av anna slag i området som påverkar dyresamfunnet saman med organiske tilførsler. Det var særleg den høge tettleiken av arten *Protodorvillea* som var uvanleg. Det er ikkje kjent mange tilfelle der denne arten har vore dominerande. Eit av dei få funn er frå Fedafjorden i Vest-Agder der arten dominerte nær ved eit industriutslepp med høgt innhald av metall og tjærestoff (PAH) (Rygg og Skei 1986).

## 5. Modellsimulering for framtidige utslepp

### 5.1 Generelt

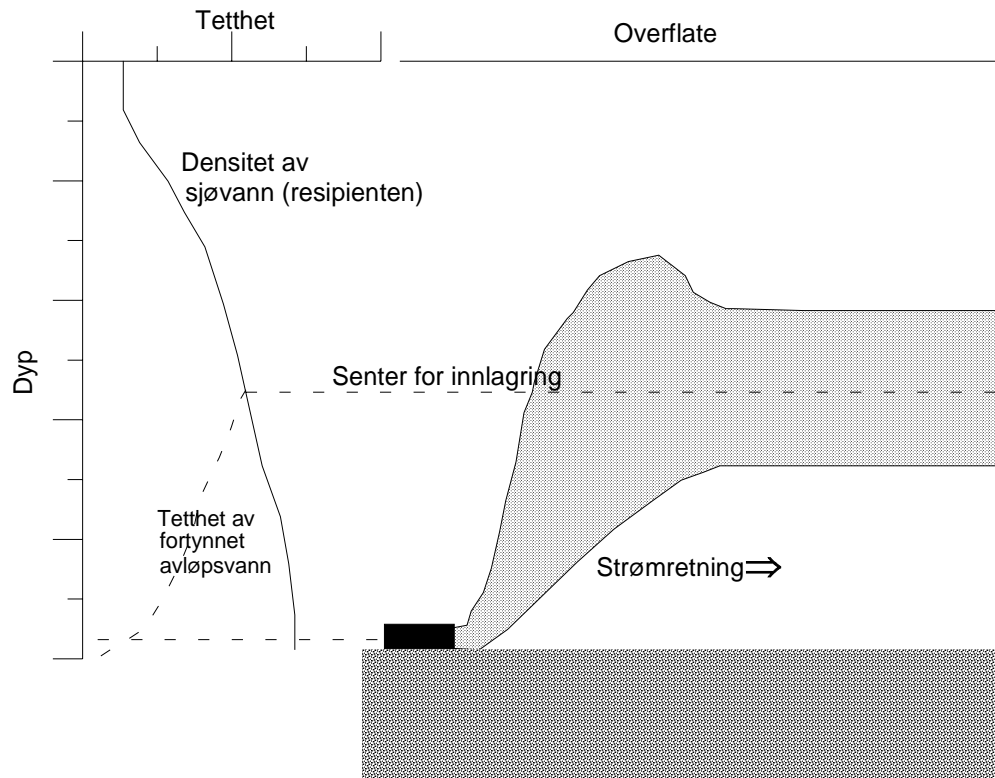
Ved etablering av eit neddykka utslepp for avløpsvatn er det fleire faktorar ein må ta omsyn til for å oppnå beste resultat. Det viktigaste formålet ved design av utslepp er å minimalisere eller eliminere negative miljøeffektar. For dei fleste typar utslepp ønskjer ein at avløpsvatnet skal fortynnast og bli spreidd raskt og effektivt helst i ein resipient med god utskifting. Påverknad av overflatelaget eller botnen er som oftast det ein søker å unngå eller redusere mest mogleg. I nokre tilfelle vil negative effekter kanskje ikkje vere til å unngå i enkelte situasjonar eller tider av året med realistiske og gjennomførbare utsleppsarrangement. Og av og til kan ein bli tvungen til å vege effekter ved ulike arrangement mot kvarandre (t.d.. botn- versus overflatepåverknad), og velje ei løysing som gir minst effekt i sum.

Utsleppa i Matre vil enten bestå av ferskvatn eller ei blanding av ferskvatn og sjøvatn ("brakkvatn"). Desse vassstypene vil vere lettare enn omgjevande sjøvatn i Matrevågen i alle fall for utslepp djupare enn-10-15 m. Dermed er det forventa at for dei fleste simuleringane vil utsleppsvatnet stige oppover i sjøen eit stykke frå eit neddykka utsleppspunkt.

Utsleppsvatnet vil raskt blande seg med det omkringliggjande sjøvatnet. Dermed aukar både volumet og densiteten av denne "blandingsvannmassen". Dersom vatnet i resipienten er lagdelt, dvs. der er lettare vatn over tyngre vatn, vil utsleppsvatnet kanskje ikkje nå heilt opp til overflata. Grunnen er at densiteten til blandingsvatnet (avløpsvatn+sjøvatn) etterkvart blir lik densiteten til sjøvatnet omkring. Då stoppar den vertikale rørsla og skya av fortynna avlaupsvatn vil byrje å breie seg horisontalt utover, mens den blir fortynna vidare. Ein seier då at avlaupsvatnet er innlagra. Denne prosessen er illustrert i **Figur 19**.

Kva innlagringsdjup det kan bli tale om, vil avhenge av dei aktuelle sjiktingstilhøva samt densiteten av utsleppsvatnet. I prinsippet kan utsleppsvatnet gå både oppover og nedover i sjøen. Densiteten til utsleppsvatnet vil vere bestemt av aktuell salinitet og temperatur. Andre løyste stoffkomponentar vil ha liten påverknad, mens partikulært materiale kan separere frå hovedplumen og enten stige eller søkke, avhengig av vekt på partiklane. Denne sistnemnde problemstillinga er neppe aktuell for Matre i og med den filtrering og reinsing som vil finne stad, før utslepp.

Modellen JETMIX er utvikla ved NIVA (Bjerkeng og Lesjø 1973). Modellen reknar ut fortynning og innlagringsdjup for ein enkelt stråle avlaupsvatn i ein sjikta resipient, på basis av hydrografiske profilar i resipienten og data om utsleppet. Den reknar ut som innlagringsdjup det nivået (djupet) der "blandingsvatnets" densitet er den same som for omgjevande vatn. Blandingsvatnets energi gjer imidlertid at det først stig litt forbi dette "likevektsdjupet", før det sekk tilbake og blir innlagra. I det følgjande vil imidlertid innlagringsdjup vere likelydande med likevektsdjupet. JETMIX inkluderer ikkje verknaden av strømmen på fortynninga.



**Figur 19.** Skisse av korleis utsleppsvatnet vil kunne spreie seg i sjøen.

Modellen bereknar den teoretisk høgste opptrenginga på to måtar:

- ved fortsett fortynning etter at likevektsdjupet er "passert" (EQS).
- utan blanding eller friksjon etter at likevektsdjupet er "passert" (GRAV).

Den første metoden (EQS) er venta å gi mest sannsynleg resultat.

Det vil framkome eit tidsvariabelt bilete av resultata (som følgje av tidsvariabel input til modellen), men der ein vil kunne trekke ut statistikk som forenkler tolkinga.

For andre tekniske opplysningar om modellen syner vi til Bjerkeng og Lesjø (1973) eller til tekstbøker om temaet slik som Fischer et al. (1979).

## 5.2 Utsleppsparametrar, JETMIX

For å få gjennomført dei naudsynte modellberekningane og simuleringar for utsleppa frå Havbruksstasjonen (innlagring, fortynning, spreiding) trengst det data for sjølve utsleppa (fluks, djup m.m.), samt for hydrografi (sjikting i sjøen, d.v.s. fordeling av temperatur og salinitet i tid/rom) representativt for utsleppsstaden. Det er her viktig å få bestemt/kvantifisert både sjølve verdiane og korleis desse varierer, for å få tilstrekkeleg utsagnskraft av modellsimuleringane. Gjennom datainnsamlinga hausten 2001 har vi fått grunnlagsmateriale for resipienten for å utføre berekningane og føreta miljøvurderingar, sjølv om datamaterialet for hydrografi ikkje dekkjer ein heil års-syklus, som er det optimale p.g.a. sesong-variasjonar.

### Vassfluks i utløpa

Ved utrekning av fortynning og innlagring av utslepp som i Matre vil høgare fluks vanlegvis gje grunnare innlagring og lavare initialfortynning i gitt avstand frå utsleppet enn ved lågare fluksar.

Ved å berekne for forskjellige utsleppsfluksar vil vi få resultat som inkluderer "værste tilfelle" (i forhold til opptrenging mot sjøoverflata) under gjeve tilhøve for sjikting etc.

I kapittel 1 vart det gjort greie for sannsynlege gjennomsnittlege utsleppsfluksar basert på års-sum for dei tre utsleppa, Leidning 1-3. I tillegg har vi lagt inn ein "låg" fluks på 1.000 l/min, som i følge Kapittel 1 (Tabell 2) kan illustrere ein månad med lite biomasse og dermed lågt vassforbruk. **Tabell 19** oppsummerer dei ulike fluksane som er nytta.

### Leidningstype og diameter

Vi har rekna med glatt plastleidning (som i dag) med rund opning. Det er gjennomgåande brukt diameter lik 50 cm slik det er for utslepp 1 og 2 i dag. Vidare er det gjort nokre berekningar med 35 cm diameter (som for den minste leidningen ved utslepp 1) og 75 cm (**Tabell 19**) for å sjå på effekten av ulike diameterar. Leidningane er simulert lagt med ein hellningsvinkel på 5 grader, og med utsleppet tilstrekkeleg opp frå botn til å unngå nærsoneeffekter p.g.a. denne.

### Utsleppsdjupne

Djupnene i det aktuelle utsleppsområdet avgrensar seg til ca 25 m. Dette er derfor største utsleppsdjup som er simulert. Vidare har vi gjort berekningar for 20 m, 15 m og 10 m djup.

### Utsleppsvatnet

Densiteten for utsleppsvatnet vil til ein viss grad bestemme kor høgt i sjøen det vil stige, evt. om det går heilt til overflata. Ferskvatn er lettast (densitet ca 1.000 kg/m<sup>3</sup>), og har størst sjanse for å stige høgt opp. Difor er dette tatt som utgangspunkt for dei fleste berekningane. I tillegg har vi gjort nokre simuleringar for densitet lik 1.015 kg/m<sup>3</sup> som tilsvarar 15-20 ppt salinitet, avhengig av temperaturen.

### Hydrografiske data (sjikting)

Vi har nytta dei sju profilane frå september 2001 til januar, 2002 (avsnitt 3.1).

**Tabell 19.** Nokre sentrale inn-parametrar til modellsimulering for fire ulike utsleppsfluksar, frå 0,5 mill m<sup>3</sup>/år til 6 mill m<sup>3</sup>/år. 2,3-6 mill m<sup>3</sup>/år motsvarar dimensjonerande vassfluks for dei tre ulike utsleppa (sjå kapittel 1), mens 0,5 mill m<sup>3</sup>/år representerer ein lågare fluks som kan vere representativ ved liten aktivitet i hallane.

Vassfluks	0,5 mill	2,3 mill	3,7 mill	6 mill	m <sup>3</sup> /år
Vassfluks	1.000	4.400	7.000	11.400	l/min
Utslepp nr	alle tre	Nr 3	Nr 1	Nr 2	(Leidning Nr)
Rørdiam. 50 cm	0,085	0,37	0,595	0,97	m/s ut av røret
Rørdiam. 35 cm	0,17	0,76	1,22	1,98	-----"
Rørdiam. 75 cm	0,04	0,17	0,26	0,43	-----"

## 5.2.1 Resultat for JETMIX

Utdrag av resultat for innlagringsdjup, ekstremdjup og senterfortynning (fortynningsfaktor) er synt i **Tabell 20 - Tabell 23**. Dei tre første tabellane er for utslepp av ferskt eller låg-salint utsleppsvatn gjennom h.h.v. 35 cm, 50 cm og 75 cm diameter leidning. **Tabell 23** er for utslepp av vatn med sjøvassinnblanding (50 cm diameter leidning).

Innlagringsdjupet avtar som forventa med aukande fluks, men i liten grad frå 7.000 til 11.400 l/min. Stor leidningsdiameter (opning) gir litt grunnare innlagring (5-10%) enn for liten diameter, og fortynninga minkar litt (<5%) med aukande diameter. Sjølv ikkje utslepp i 10 m djup gir innlagring i overflata, men ved nokre høve er det ein viss risiko for overflatepåverknad ved at utsleppsvatnet først "skyt" opp over innlagringsdjupet til ca 1 m, under overflata, før det sig tilbake.

Nokre kommentarar til dei einskilde resultata er lagt inn under tabellane. Vi har der fokusert på utslepp i 10 m og 25 m, m.a.o. for ytter-punkta for djupneintervallet vi har gjort berekningar for. Resultata er diskutert vidare i sluttkapittelet.

**Tabell 20.** Nokre resultat frå berekningane av innlagring og fortynning med NIVAs modell *JETMIX*, med 35 cm diameter rør. Djup er angitt i meter. Fortynninga er forholdet mellom volumet av innblanda vatn frå resipienten og utsleppsvatn i det innlagring inntretr. Mnd/dag representerer måletidspunkt for hydrografimåling, i 2001/2002.

### 35 cm diameter rør

Profil nr	1	2	3	4	5	6	7	Middelverdi
Mnd/dag	09/03	10/03	10/31	11/13	11/28	12/10	01/04	
<b>1.000 l/min (0,5 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 10 m</b>								
Innlagr. djup, m	4,2	3,7	3,3	4,9	4,8	2,9	4,5	4,0
Fortynning, X	20	22	25	17	17	27	19	21
<b>1.000 l/min (0,5 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 25 m</b>								
Innlagr. djup, m	17,2	15,2	15,3	16,2	15,5	11,5	9,9	15,9
Fortynning, X	31	43	42	37	42	69	83	50
<b>4.400 l/min (2,3 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 10 m</b>								
Innlagr. djup, m	3,1	3,2	3,2	4,5	4,1	2,6	4,1	3,6
Fortynning, X	13	12	13	10	11	14	11	12
<b>4.400 l/min (2,3 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 25 m</b>								
Innlagr. djup, m	14,4	13,5	12,2	13,7	13,1	7,5	6,7	11,6
Fortynning, X	22	24	28	24	26	44	47	31
<b>7.000 l/min (3,7 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 10 m</b>								
Innlagr. djup, m	3,0	3,1	3,1	4,5	4,1	2,6	3,9	3,4
Fortynning, X	12	11	12	9	10	13	10	11
<b>7.000 l/min (3,7 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 15 m</b>								
Innlagr. djup, m	5,7	5,6	3,4	5,7	5,7	3,2	4,6	4,9
Fortynning, X	16	16	21	16	16	22	19	18
<b>7.000 l/min (3,7 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 20 m</b>								
Innlagr. djup, m	9,1	10,4	3,9	8,7	9,6	4,9	5,2	7,4
Fortynning, X	19	17	30	20	18	29	29	23
<b>7.000 l/min (3,7 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 25 m</b>								
Innlagr. djup, m	13,9	13,2	11,3	12,8	12,5	6,5	6,2	10,9
Fortynning, X	20	21	25	22	23	38	40	27
<b>11.400 l/min (6 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 10 m</b>								
Innlagr. djup, m	3,0	3,1	3,1	4,5	4,1	2,6	3,9	3,4
Fortynning, X	12	11	12	9	10	13	10	11
<b>11.400 l/min (6 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 25 m</b>								
Innlagr. djup, m	13,7	13,1	10,6	12,6	12,2	6,1	6,0	10,6
Fortynning, X	18	20	24	20	21	33	34	24

#### Kommentar:

Det midlare innlagingsdjupet for 10 m utslepp ligg mellom 3,4 m for 11.400 l/min og 4 m for 1.000 l/min. For utslepp i 25 m er tilsvarende verdiar 10,6 m og 15,9 m. Innlagringa skjer grunnast om vinteren; i desember for 10 m utslepp og i januar for 25 m utslepp.

Fortynninga ved innlagring avtar med aukande fluks. Den ligg i intervallet 10-20 for utslepp i 10 m, og 25-50 for utslepp i 25 m djup. Fortynninga er minst i november for 10 m utslepp, og minst i september for 25 m utslepp (djup innlagring er gjerne assosiert med låg fortynning).



**Tabell 21.** Nokre resultat frå berekningane av innlagring og fortynning med NIVAs modell *JETMIX*, med 50 cm diameter rør. Djup er angitt i meter. Fortynninga er forholdet mellom volumet av innblanda vatn frå resipienten og utsleppsvatn i det innlagring inntretr. Mnd/dag representerer måletidspunkt for hydrografimåling, i 2001/2002.

### 50 cm diameter rør

Profil nr	1	2	3	4	5	6	7	Middelverdi
Mnd/dag	09/03	10/03	10/31	11/13	11/28	12/10	01/04	
<b>1.000 l/min (0,5 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 10 m</b>								
Innlagr. djup, m	4,2	3,7	3,4	5,0	4,8	2,9	4,6	4,1
Fortynning, X	20	22	24	17	17	27	19	21
<b>1.000 l/min (0,5 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 25 m</b>								
Innlagr. djup, m	17,2	15,2	15,3	16,2	15,5	11,5	9,9	15,9
Fortynning, X	31	43	42	36	41	69	83	49
<b>4.400 l/min (2,3 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 10 m</b>								
Innlagr. djup, m	2,8	3,1	3,0	4,5	3,9	2,6	3,9	3,4
Fortynning, X	12	11	12	9	10	13	10	11
<b>4.400 l/min (2,3 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 25 m</b>								
Innlagr. djup, m	14,0	13,3	11,7	13,1	12,9	6,9	6,6	11,2
Fortynning, X	21	24	28	24	25	44	46	30
<b>7.000 l/min (3,7 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 10 m</b>								
Innlagr. djup, m	2,5	2,9	2,9	4,3	3,7	2,5	3,7	3,2
Fortynning, X	10	10	10	8	9	11	9	10
<b>7.000 l/min (3,7 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 15 m</b>								
Innlagr. djup, m	5,1	4,6	3,3	5,4	5,3	2,8	4,5	4,4
Fortynning, X	15	15	19	14	14	20	17	16
<b>7.000 l/min (3,7 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 20 m</b>								
Innlagr. djup, m	8,1	9,7	3,8	7,8	8,7	4,6	5,0	6,8
Fortynning, X	18	16	28	19	18	28	27	22
<b>7.000 l/min (3,7 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 25 m</b>								
Innlagr. djup, m	13,2	12,8	8,8	12,1	11,8	6,1	6,0	10,1
Fortynning, X	19	20	28	21	22	36	37	26
<b>11.400 l/min (6 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 10 m</b>								
Innlagr. djup, m	2,4	2,8	3,0	4,3	3,7	2,4	3,7	3,2
Fortynning, X	9	9	9	7	8	9	8	8
<b>11.400 l/min (6 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 25 m</b>								
Innlagr. djup, m	12,1	12,1	6,3	11,4	11,1	5,5	5,6	9,1
Fortynning, X	17	17	27	19	19	30	30	23

### Kommentar:

Trendane er stort sett som for 35 cm diameter. Det midlare innlagringsdjupet for 10 m utslepp ligg mellom 3,2 m for 11.400 l/min og 4,1 m for 1.000 l/min. For utslepp i 25 m er tilsvarende verdiar 9,1 m og 15,9 m. Innlagringa er grunnast om vinteren, og fleire scenarier gjev innlagring mellom 2 og 3 m djup. Trenden med avtakande innlagringsdjup utover hausten er meir tydeleg for djupe utslepp enn for grunne. Fortynningsverdiane (tidsmiddel) ligg i intervallet 8-21 for utslepp i 10 m, og 23-49 for utslepp i 25 m djup, m.a.o. nesten som for 50 cm diameter. Fortynninga synes avta utover hausten for 10 m utslepp med minimum i november. For 25 m utslepp syner fortynningsverdiane aukande trend utover hausten.

**Tabell 22.** Nokre resultat frå berekningane av innlagring og fortynning med NIVAs modell *JETMIX*, med 75 cm diameter rør. Djup er angitt i meter. Fortynninga er forholdet mellom volumet av innblanda vatn frå resipienten og utsleppsvatn i det innlagring inntretr. Mnd/dag representerer måletidspunkt for hydrografimåling, i 2001/2002.

### 75 cm diameter rør

Profil nr	1	2	3	4	5	6	7	Middelverdi
Mnd/dag	09/03	10/03	10/31	11/13	11/28	12/10	01/04	
<b>1.000 l/min (0,5 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 10 m</b>								
Innlagr. djup, m	4,2	3,7	3,3	4,9	4,8	2,9	4,4	4,0
Fortynning, X	20	22	25	17	17	27	20	21
<b>1.000 l/min (0,5 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 25 m</b>								
Innlagr. djup, m	17,2	15,1	15,2	16,1	15,4	11,3	9,7	14,3
Fortynning, X	31	42	41	37	42	69	83	49
<b>4.400 l/min (2,3 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 10 m</b>								
Innlagr. djup, m	2,8	3,0	3,1	4,4	3,9	2,7	4,0	3,4
Fortynning, X	12	11	11	9	10	12	10	11
<b>4.400 l/min (2,3 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 25 m</b>								
Innlagr. djup, m	13,9	13,3	11,6	12,9	12,8	6,9	6,5	11,1
Fortynning, X	21	23	27	24	25	43	45	30
<b>7.000 l/min (3,7 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 10 m</b>								
Innlagr. djup, m	2,4	2,9	2,8	4,3	3,7	2,4	3,7	3,1
Fortynning, X	10	9	10	7	8	11	8	9
<b>7.000 l/min (3,7 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 15 m</b>								
Innlagr. djup, m	5,0	4,3	3,2	5,3	5,2	2,9	4,5	4,3
Fortynning, X	14	15	18	14	14	19	16	16
<b>7.000 l/min (3,7 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 20 m</b>								
Innlagr. djup, m	8,0	9,4	3,8	7,6	8,5	4,6	4,9	6,7
Fortynning, X	18	16	28	19	18	27	26	22
<b>7.000 l/min (3,7 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 25 m</b>								
Innlagr. djup, m	13,0	12,6	8,1	11,9	11,7	6,0	6,0	9,9
Fortynning, X	19	20	29	21	22	36	37	26
<b>11.400 l/min (6 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 10 m</b>								
Innlagr. djup, m	2,3	2,9	2,9	4,2	3,5	2,4	3,6	3,1
Fortynning, X	8	7	8	6	7	8	7	7
<b>11.400 l/min (6 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 25 m</b>								
Innlagr. djup, m	11,0	11,6	4,9	10,8	10,7	5,2	5,5	8,6
Fortynning, X	17	17	28	18	18	29	29	22

### Kommentar

Trendane er stort sett som for 35 og 50 cm diameter. Det midlare innlagringsdjupet for 10 m utslepp ligg mellom 3,1 m for 11.400 l/min og 4,0 m for 1.000 l/min. For utslepp i 25 m er tilsvarende verdiar 8,6 m og 14,3 m. Innlagringa er grunnast om vinteren, og fleire scenarier gjev innlagring mellom 2 og 3 m djup. Trenden med avtakande innlagringsdjup om vinteren er meir tydeleg for djupe utslepp enn for grunne. Fortynningsverdiane (tidsmiddel) ligg i intervallet 7-21 for utslepp i 10 m, og 22-49 for utslepp i 25 m djup, m.a.o. nesten som for 50 cm diameter. Fortynninga synes avta utover hausten for 10 m utslepp med minimum i november. For 25 m utslepp syner fortynningsverdiane aukande trend utover hausten.

**Tabell 23.** Nokre resultat frå berekningane av innlagring og fortynning med NIVAs modell *JETMIX*, med 50 cm diameter rør og sjøvassinnblanding. Djup er angitt i meter. Fortynninga er forholdet mellom volumet av innblanda vatn frå resipienten og utsleppsvatn i det innlagring inntretr. Mnd/dag representerer måletidspunkt for hydrografimåling, i 2001/2002.

**50 cm diameter rør, med blanding sjø/ferskvatn, 1015 kg/m<sup>3</sup> densitet**

Profil nr	1	2	3	4	5	6	7	Middelverdi
Mnd/dag	09/03	10/03	10/31	11/13	11/28	12/10	01/04	
<b>1.000 l/min (0,5 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 10 m</b>								
Innlagr. djup, m	5,8	5,1	3,5	5,7	5,6	4,1	4,9	4,9
Fortynning, X	9	11	17	10	10	16	14	12
<b>1.000 l/min (0,5 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 25 m</b>								
Innlagr. djup, m	18,4	16,7	16,6	17,6	16,5	13,8	12,2	16,0
Fortynning, X	18	25	25	22	27	39	49	29
<b>4.400 l/min (2,3 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 10 m</b>								
Innlagr. djup, m	5,0	4,0	3,4	5,2	5,0	3,0	4,5	4,3
Fortynning, X	6	8	9	6	7	10	8	8
<b>4.400 l/min (2,3 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 25 m</b>								
Innlagr. djup, m	17,3	15,1	15,4	16,2	15,3	10,9	8,9	14,1
Fortynning, X	11	15	14	13	15	24	29	17
<b>7.000 l/min (3,7 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 10 m</b>								
Innlagr. djup, m	4,9	4,0	3,3	5,2	5,0	2,7	4,5	4,2
Fortynning, X	6	7	8	6	6	9	7	7
<b>7.000 l/min (3,7 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 15 m</b>								
Innlagr. djup, m	7,9	9,3	3,9	7,3	7,9	4,7	5,1	6,6
Fortynning, X	8	7	14	9	9	13	13	10
<b>7.000 l/min (3,7 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 20 m</b>								
Innlagr. djup, m	13,1	12,8	10,7	11,9	11,8	6,4	6,3	10,4
Fortynning, X	8	9	11	10	10	19	19	12
<b>7.000 l/min (3,7 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 25 m</b>								
Innlagr. djup, m	17,0	14,9	15,0	15,8	15,0	10,1	8,4	13,7
Fortynning, X	10	13	13	12	13	21	25	15
<b>11.400 l/min (6 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 10 m</b>								
Innlagr. djup, m	5,2	4,2	3,3	5,3	5,1	2,9	4,4	4,3
Fortynning, X	6	7	8	6	6	8	7	7
<b>11.400 l/min (6 mill m<sup>3</sup>/år), Utslepp i 25 m</b>								
Innlagr. djup, m	17,0	14,8	15,0	15,7	14,8	9,5	8,1	13,6
Fortynning, X	9	12	12	11	12	19	21	14

**Kommentar**

I høve til utslepp av ferskvatn (**Tabell 21**) ligg innlagringsdjupa ca 1 m djupare for 10 m utslepp, og 2-4 m djupare for 25 m utslepp. Det er m.a.o. ein tydeleg effekt av tyngre utsleppsvatn. Fortynningsverdiene ved innlagring ligg i intervallet 7-12 for 10 m utslepp, og 14-29 for 25 m utslepp. Dette er lågare verdiar enn for samme rørdiameter, men med ferskvatn. Graden av sjøvassinnblanding vil variere over tid. Når denne aukar vil det føre til djupare innlagring og samtidig mindre initialfortynning. Dersom ein til tider vil forsøke oppnå djupare innlagring for å unngå miljøeffekter, kunne ein t.d. mikse inn ekstra sjøvatn nedstrøms anlegga for å gjere utsleppsvatnet tyngre (auka fluks ville også bidra positivt då).

## 5.3 Modellen CORMIX

CORMIX er ein modell som liknar JETMIX og som amerikanske EPA har bidratt til å utvikle (Jirka et al. 1996). CORMIX kan i tillegg simulere den ekstra fortynningseffekten av strømmen i resipienten, men den har fleire praktiske ulemper m.h.t. prosesseringa i høve til JETMIX. Til berekningane med CORMIX har vi brukt eit lite utval av dei "beste" verdiane for rørdiameter og utsleppsdjup i høve til gunstige verdiar for innlagring og primærfortynning for JETMIX, for å betre kunne verifisere effekten av strømmen på fortynninga. Med desse storleikane og dei aktuelle fluksane og strømvordiane har vi gjort berekningar for ein oktobersituasjon for sjikting. Oktober er valt fordi det då sannsynlegvis blir mest biomasse i anlegga, og dermed størst vassforbruk og forureiningstilførsler.

### 5.3.1 Resultat for simuleringar med CORMIX

Vi har tatt utgangspunkt i ein situasjon med sjikting slik som i oktober 2001 (**Figur 10**). CORMIX har tre parametreringsval for sjikting; vi har valt type "A", lineær stratifisering, noko som stemmer rimeleg bra med tilhøva under sprangsjiktet frå 2-3 m og nedover (det er uansett ikkje forventa at utsleppsvatnet vil nå opp i øvre lag, jamfør berekningane med JETMIX).

Strømstyrke er variert med h.h.v. 5 cm/s og 15 cm/s og der 5 cm/s kan representere ein typisk middelvordi (**Figur 16**). Utsleppsfluks er satt lik 4.400 l/min som kan representere ein typisk eller middel framtidig fluks gjennom både nytt og eksisterande avlaup. Rørdiameter er satt lik 50 cm, og utsleppsdjup 20 meter.

Andre modell-parameterar er synt i **VEDLEGG C**.

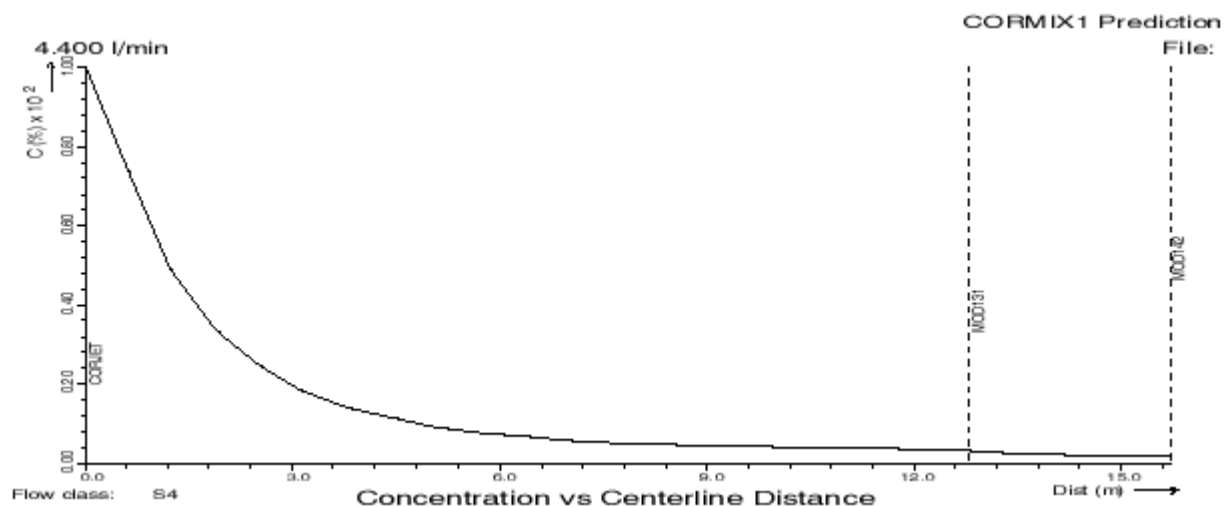
Resultata syner innlagersdjup på 13.2 m for 5 cm/s strøm og 14.3 m for 15 cm/s. M.a.o. sterkare strøm favoriserer djupare innlagring, om ikkje dramatisk. Maksimal oppstiging før innlagring blir h.h.v. 11.4 m og 13.6 m. Fortynninga ved innlagring blir h.h.v. 21 og 28. Utsleppsvatnet blir innlagra etter 40- 50 sekundar for desse tilfella.

**Figur 20** syner grafisk korleis stoffkonsentrasjonen (for 15 cm/s strøm) raskt avtar med aukande avstand frå utsleppet, i dette tilfellet frå 100 i røret til under 20 3-4 meter i horisontal retning ut frå utsleppspunktet. **Figur 21** syner samsvarande forløp til utsleppsvatnet, frå utslepp og nedstrøms forbi punktet for maks oppstiging og til innlagring, ca 10 m nedstøms, 50 sekundar etter utslepp for dette tilfellet.

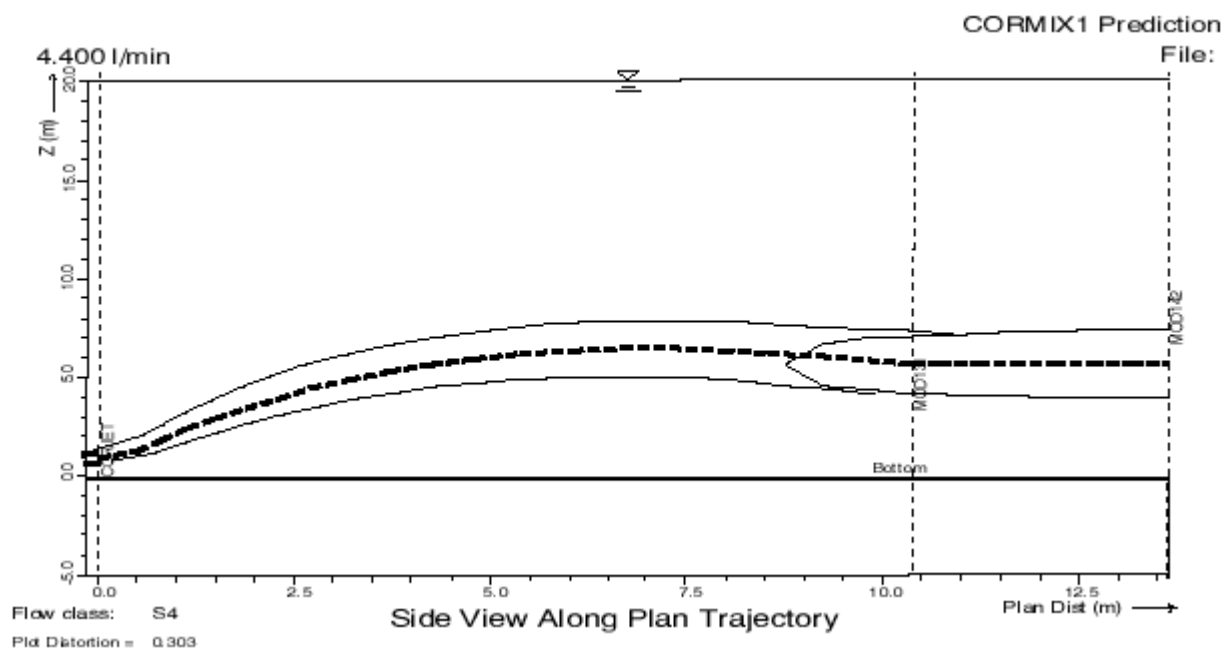
### 5.3.2 Samanlikning med JETMIX

JETMIX nyttar ein annan form for input på stratifiseringa, slik at ein ikkje får 100% samsvarande input-data med CORMIX for null strøm scenario. Dette gjer også at ein ikkje kan forvente at resultata vil samsvare heilt for ellers samsvarande utslepps-tal. Med simulert utslepp i 20 m og med null strøm, gir JETMIX innlagring i 10.3 m djup for profil Nr 2 målt i Matrevågen i oktober 2001. Med null strøm gir CORMIX innlagring i 7 m djup, m.a.o. noko grunnare enn JETMIX. Simulert fortynning ved innlagring er 18 for JETMIX og 14 for CORMIX.

Dei to modellane syner m.a.o. rimeleg godt samsvar, og avvika skuldast nok for det meste skilnad i input for stratifisering, samt litt forskjellig parametrering og algoritmer i modellane.



**Figur 20.** Simulert konsentrasjon nedstrøms utsleppspunktet, for 15 cm/s strøm. Konsentrasjon i utsleppsvatnet er vilkårlig satt lik 100. Innlagring som skjer i 10 m avstand fra utsleppspunktet, motsvarer konsentrasjon på  $100/28 = 3,6$ . Sjå neste figur.



**Figur 21.** Tverrsnitt (X-Z) av utsleppsskya i nærheten fra utsleppspunktet og nedstrøms til litt forbi innlagringspunktet i avstand ca 10 m.

## 6. Inntak av sjøvattn

Dagens forsyning av sjøvattn til stasjonen kjem frå grunnvatn frå borebrønnar. Dette vatnet held jamn temperatur på 8-12 °C, og salinitet rundt 28-30 ppt. Forbruket er typisk ca 4,000 l/min, mens kapasiteten er ca 10 m<sup>3</sup>/min, noko som kan bli for knapt i forhold til framtidig sjøvass-behov. Derfor ønskjer stasjonen å legge ny inntaksleidning ut i fjorden, med kapasitet på 15 m<sup>3</sup>/min (250 l/s, 900 m<sup>3</sup>/time).

I tillegg til kapasitetsauken er det behov for å få inn "reint" vatn med gunstig temperatur- og salinitet og som er mest mogleg fritt for påvekstorganismar eller forstadialar til desse. Sistnemnde har både med drift av systemet å gjere (problemer med trykktap og filtrering) og med evt. smitte eller parasittar via organismar i inntaket.

### 6.1 Hydrografiske tilhøve i djupvatnet på Stasjon 2

For vurdering av inntaksvattn har vi sett nærare på verdiar og variasjonar i djup frå 40 m og nedover. **Figur 22** syner målt verdi (med den nøyaktige Seabird STD sonden) av temperatur og salinitet, samt utrekna densitet i utvalde djup i bassenget vest for Matreøya - på Stasjon 2.

Mellom 60 (70) og 90 m var det oftast eit tydeleg sprang i verdiar (ca 2 ppt for salinitet), med eit sjikt med relativt konstante verdiar derfrå og opp til 20 m (**Figur 11**). Frå 90 m og nedover til botnen var dei hydrografiske tilhøva prega av stagnasjon og tilnærma ingen variasjon (**Figur 22**). Temperaturen i dette djupe sjiktet var på ca 8 °C, saliniteten på 34,9 og densiteten rundt 1.027,2 kg/m<sup>3</sup>. Oksygentilhøva var 3-4 ml/l (ca 60% metning).

Målingane strekkjer seg ikkje lenger enn over 1/2 år, men reflekterer truleg gjennomsnittleg situasjon for salinitet og temperatur i djupvatnet i alle fall. Havbruksstasjonens behov for sjøvattn med gjeven temperatur, evt. salinitet, vil for øvrig kunne variere i høve til produksjonssyklus og fiskeart, og uttaket må tilpassast dei aktuelle variasjonane i resipienten.

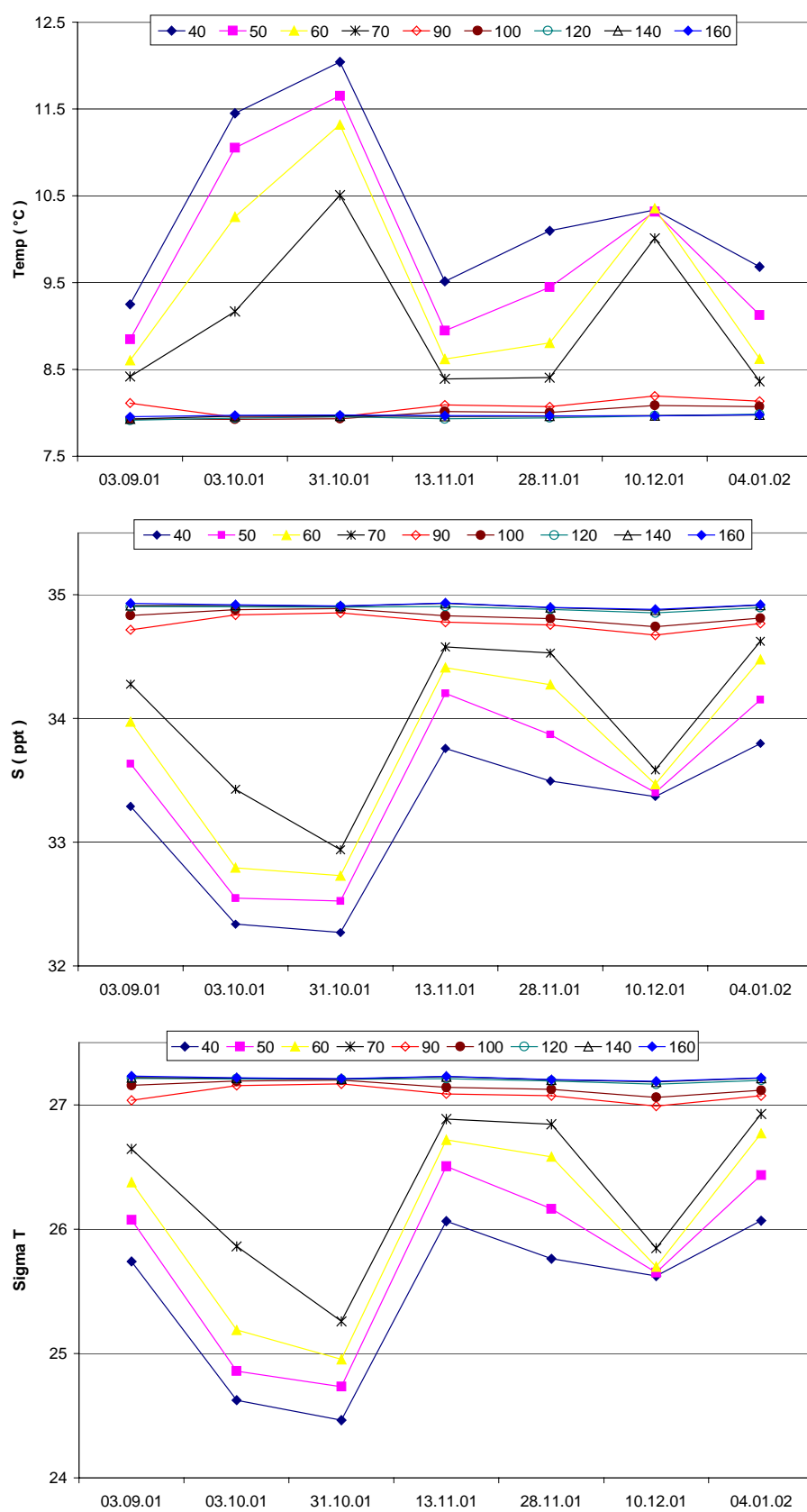
### 6.2 Påvekstorganismar

#### 6.2.1 Generelt

Mange dyr som lever på sjøbotnen har planktoniske larver som kan kome inn i inntaket og feste seg der (Brankevich 1990, Khalanski 1998, Gross 1997, Qian et al. 1999, Chou et al. 1999).

Viktige påvekstorganismar er:

- blåskjel
- rur og rørdannande mark
- hydroidar
- mosdyr
- svampar
- sekkedyr
- bakteriar, diatoméar og protozoar



**Figur 22.** Tidsutvikling for temperatur, salinitet og sigma-t i ulike djup fra 40 m og nedover til 160 m på Stasjon 2 (nær nytt sjøvassinntak), september 2001-januar 2002.

Blåskjel (*Mytilus edulis*) og tildels rur (*Balanus*) representerer den mest problematiske påveksten. Blåskjel har også vore den mest dominerande påvekstorganismen rapportert frå anlegg rundt Nordsjøen. Dersom blåskjel losnar, kan dei bli trekt inn i filter og pumpesystemet og kan i verste fall blokkere rørstrømmen. Blåskjel lever hovudsakleg på grunt vatn, men larvene er planktoniske og kan førekome på djup ned mot 30-40 meter og sporadisk slå seg ned på desse djupa.

Strømfarten inne i inntaksrør og forgreiningar er den viktigaste bestemmande enkeltfaktoren for påvekst der. Høg strømfart hindrar larver i å feste seg, mens liten eller ingen strøm avgrensar tilgangen på oksygen og næring. Vanlegvis har område der påvekst av større organismar opptre ein strømfart mindre enn 1,5 m/s (Brankevich 1990).

**Tabell 24.** Biologien til utvalgte påvekstorganismar.

Blåskjel ( <i>Mytilus edulis</i> )	Vanleg førekomande i fjøra og veks ned til ca. 10 meters djup. Larvene kan førekome på djup ned til 30-40 meter. Vid geografisk utbreiing, tåler store variasjonar i temperatur og salinitet. Gyter om våren. Eit blåskjel kan gyte mellom 5-10 millionar egg. Dei planktoniske larvene bunnsår seg etter nokre veker, men bunnslåinga kan utsettast fleire veker dersom larven ikkje finn eigna substrat (larvestadiet varer mellom 3 veker og 3 månader). Ved bunnslåing er larvene 0,26 - 1,5 mm. Blåskjel veks 3-4 cm i løpet av første året, og blir kjønnsmodne etter 1-2 år. Fester seg til underlaget med sterke byssustrådar. Tåler godt uttørring over kortare perioder.
Trekantmark ( <i>Pomatoceros triqueter</i> ) (Polychaeta)	Finst frå nedst i fjøra og djupare. Vid geografisk utbreiing. Trivst best i beskytta område med lite strøm. Larvene er planktoniske frå 3 veker til 2 månader. Gyting foregår hovudsakleg i sommarmånadene. Trekantmark bygg seg lange rørforma kalkhus, 5-12 cm lange. Ved nedslåing har kalkrøret lengde på 800-1.200µm.  Også andre artar av Polychaeter med kalkhus kan forekome som påvekstorganismar.
Sekkedyr (Ascidaceae)	Det finst mange artar av sekkedyr (sjøpung) i våre farvatn. Sekkedyr har ein gelatinøs eller læraktig kappe som omsluttar dyret, og veks som solitære eller i koloni. Larvene er planktoniske. Enkelte artar kan bli 10-20 cm lange og normal levetid er 1-2 år. Mange sekkedyr dør etter gyting om sommaren. Veks på både grunt og djupt vatn.
Rur ( <i>Balanus</i> spp.) (Cirripedia)	Rur er vanleg på hardt underlag i den øvre del av fjøra, men finst også ned til fleire hundre meters djup ( <i>B. balanus</i> ). Tåler godt uttørring. Lengde/diameter er ca. 10-15 mm på den mest vanlege fjørearten, og normal levetid er 2 år. Rur dannar kalkskall som er godt festa til underlaget. Larvene er planktoniske.
Hydroidar (Hydroidar)	Hydroidar er ei gruppe organismar som er karakterisert ved å ha eit kolonidannande, fastsitjande polyppestadium, som hos mange artar vekslar med eit frittssymjande medusestadium. Hydroidar finst frå tidvatnsonen til ca. 100 meters djup. Det finst ei lang rad artar, både små og store.

(Opplysningane er henta frå Bakke et al. 1992, Moen og Svensen 1999, Chou et al. 1999, og gjeld tilhøve i norske farvatn).

Eit djupt inntak reduserer tilgjenge for planktoniske larvar av botnlevande dyr, spesielt blåskjel som er den største problemorganismen i denne samanhengen. Ein vil ikkje kunne unngå påvekst 100% uansett inntaksdjup, men denne kan avgrensast for dei mest problematiske artane.



I denne vurderinga er kun optimalt val av inntaksdjupet ved Matre vurdert som middel for å unngå påvekst. Tiltak som klorering og liknande ser vi som ueigna i høve til bruken av vatnet, med i perioder med moderat sjøvassforbruk kan ein nytte kun grunnvatnet i produksjonen og så eventuelt foreta utvasking/klorering av sjøvassrøyr og pumper m.m. i mens. Det er også mogleg då å foreta mekanisk reinsing ved å sende gjennom ein "pig" e.l.

For å unngå blåskjelpåvekst og i størst mogleg grad redusere anna type påvekst, tilseier generell kunnskap og erfaringar at inntaket bør plasserast på minst 30-40 meters djup.

Inntaket bør for øvrig leggest på fast fjell slik at risiko for innsug av mudder og anna type sediment kan minimerast.

### **6.2.2 Pelagiske organismer i Masfjorden**

Denne studien har ikkje inkludert granskingar av pelagialen i området ved planlagt inntak. Men Masfjorden er relativt grundig kartlagt gjennom prosjektarbeid først og fremst ved UiB og havforskningsinstituttet i 1980 åra, m.a. i samband med havbeiteforsøk (Kaartvedt et al. 1988, Balino og Aksnes 1993).

Pelagiske organismer i indre del av Masfjorden held seg gjerne til spesielle sjikt, med har også vertikal døgnvandring som kan gå frå 150 m eller djupare om dagen heilt opp til overflatelaget om natta. Mens det sentralt i Masfjorden synes framtre to separate sjikt, synest det vere kun eit sjikt lengst inne, i alle fall om natta.

Observasjonar i 1988 i det djupe området ved vår "Stasjon 2" synte ansamling av organismer rundt 130-150 m djup om dagen, og mellom 50-150 m om natta (Balino og Aksnes 1993). Konsentrasjonane av mesoplankton var tydeleg mindre i dette indre området enn sentralt i Masfjorden, og var dominert av copepodar (*Calanus finmarcicus*) særleg i sjiktet 120-160 m. Gelatinøst plankton blir funne mest i sjiktet 20-40 m. Ansamlinga av krill i midtre/djupe sjikt i bassenget vest for Matreøya blei knytt til advektiv natt-transport frå sentrale deler av fjorden mens organismene står høgare i sjøen.

I grunne sjikt kan ein ha førekomst av mange slags pelagiske organismer, som blir advektert inn mot Matrevågen under sprangsjiktet i eller etter perioder med sterk vind eller stor tilrenning. Dette inkluderer manetar, og også den nye kolonimaneten *Apolemia uvaria* (Fosså 2001) blei observert i Matre hausten 2001 under NIVAs prøvetaking.

Det synes ikkje å eksistere noko sjikt som er fritt for organismer heile tida, men døgnvandringa ser ut til å vere mest framtrudande i sjikt frå 50 m djup og nedover. Ut frå eit kriterium om minst mogleg organismer i inntaksvatnet kan eit inntaksdjup rundt 50-60 m vere høveleg. Men andre krav slik som til temperatur eller salinitet vil kunne medføre anna prioritering.

### **6.3 Medblanding av inntaksvatn**

Eit ned-dykka sjøvassinntak vil i større eller mindre grad trekke med seg vatn frå tilgrensande sjikt i sjøen, og ved val av inntaksdjup bør ein også søke å ta omsyn til dette. Laget som blir påverka av innsuging i inntaket vil gjerne vere vesentleg tjukkare enn vertikal dimensjon (høgde/diameter) på inntaket. Teori og studiar i lab tilseier at sjiktinga i sjøen er ein viktig bestemmende faktor her, i tillegg til inntaksdimensjon og vassfluks (Paddock og Ditmars 1983).

Dersom fjorden har trangt innløp i djup tilsvarende inntaksdjupet kan topografisk kontroll også vere ein bestemmende faktor dersom inntaksfluksen er stor (Steen og Stigebrandt 1980). For indre Masfjorden er dette neppe noko problem, i og med at terskelen på ca 80 m djup ligg ca 15 km utanfor det aktuelle inntaksområdet, og inntaksfluksen på maks 250 l/s er moderat i forhold til totalt vassvolum i fjorden.

Tjukklegeiken,  $\delta$ , på det påverka inntaks-laget kan uttrykkast som følgjer, gitt visse vilkår:

$$\delta = \lambda (q_0^2 / N^2 h)^{1/3}$$

- $\lambda$ : empirisk konstant  
 $q_0$ : inntaksfluks pr bredde-eining av inntaket  
 $N^2$ : oppdriftsparameter ( $N^2 = g/\rho dp/dz$ ),  
 $g$ : gravitasjonskonstanten  
 $\rho(z)$ : sjøvatnets densitet  
 $z$ : vertikal-koordinat (djup)  
 $h$ : inntakets høgde

Med kunnskap om  $N^2$  (d.v.s.  $dp/dz$ ) i ulike lag frå observasjonane kan ein ut frå forutsetningar om fluks (250 l/s), inntaksrør (diameter antatt 400 mm) og ulike inntaksdjup rekne ut tjukklegeik på inntaks-laget. I utgangspunktet kan ein forutsette at dette laget er sentrert kring inntaksdjupet, men detaljar i sjikting samt eventuelle botn-effekter kan her skape vertikal asymmetri.

**Tabell 25** syner resultat av berekningane for "svak" og sterkare målt sjikting. Ved sterk sjikting blir inntakslaget tynt, og vise-versa. Verdiane må ikkje sjåast på som ekstrem-verdiar eine eller andre vegen, sidan vi manglar full års-syklus. Men dei gir ein peikepinn om storleik, med dei vilkår og begrensingar som teorien inneber. Inntak mellom 60 og 90 m gjev tynnast inntakslag h.h.v. 9 m for svak sjikting (vinter) og 5 m ved sterkare sjikting (tidleg haust). Inntak i 40-60 m ga inntil 17 m tjukt inntakslag d.v.s. at vatn frå 30 m eller grunnare kan bli trekt inn ved inntak i 40 m. Djupt inntak ( $D > 90$  m) ga tjukkast inntakslag p.g.a. svært svak sjikting.

**Tabell 25.** Berekna tjukklegeik,  $\lambda$ , på inntakslaget for nokre målte sjiktingsverdiar september 2001 - januar 2002, i h.h.t. formelen ovanfor, for tre ulike sjikt. Svak sjikting tilsvarar sein-haust/vinter, mens sterkare sjikting blei målt tidlegare på hausten (2001). Det er rekna med inntaksfluks på 250 l/s, og 400 mm diam. inntaksrør.

Inntaks-djup →	40-60 m	60-90 m	90-160 m
$\lambda$ , svak sjikting	17 m	9 m	33 m
$\lambda$ , sterkare sjikting	6 m	5 m	15 m

## 6.4 Konklusjon

Kopla opp mot betraktningane om organismefordelinga kan det sjå ut som om inntak i øvre del av 60-90 m sjiktet gir eit selektivt uttak av vatn frå fjorden med liten risiko for høg organismekonsentrasjon.

Sidan fleire av dei vanlege organismene har døgn-vandring (kjem opp om natta), kan ein i teorien tilpasse inntakspumping til tid på døgnet med færre organismer (dagtid), og eventuelt sikre med lager i basseng eller tankar på land, for natt-forbruket. Med ein slik framgangsmåte ville ein også kunne unngå arbeid med kontroll med filter etc. på inntaket på natta. Med det relativt store vassbehovet ved stasjonen vil dette imidlertid neppe vere noka realistisk løysing.

Eit meir realistisk alternativ er å legge to leidningar med inntak ligg i to ulike djup. Då kan ein tilpasse behov for vasskvalitet i høve til produksjonssyklusen og/eller pumpe frå sjikt med lågast organisme/partikkelinnhald.

## 7. Oppsummering

### 7.1 Dagens tilstand

Ein del av målingane og prøvetakinga som NIVA har utført hausten 2001 gjev grunnlag for å karakterisere miljøtilstanden i Matrevågen og lenger ute, ved planlagt sjøvassinntak. Desse karakteristikkane er basert på analysene av prøvene med referanse til gjeldande miljøstandardar der slike finst.

Det har vore vanskelegare å sette resultata i relasjon til historikken for utslipp frå ulike kjelder i Matre, inkludert Havbruksstasjonen og BKK sitt kraftverk. Men ettersom det ikkje er funne urovekkjande høge konsentrasjonar av forureining eller faunapåverknad har vi ikkje funne grunn til å dvele for mykje ved historikken men heller sjå framover for å tilrå gode løysingar for framtidige utslipp. Den sekundære problemstillinga kring nytt planlagd sjøvassinntak er ikkje diskutert spesielt i det følgjande, då det er etter måten grundig dekkja i Kap. 6.

#### 7.1.1 Tilstand i sjøen

Målingane i 2001 har stadfesta at sjøen i Matrevågen er markert sjikta, med eit tilnærma permanent brakt overflatelag som strekkjer seg ned til 2-3 m djup, og meir homogent vatn derunder. Sjiktinga er skapt av dei store ferskvasstilførsleane som i dag i det alt vesentlegaste (> 90%) kjem frå BKK sitt kraftverk.

Strømmen i Matrevågen ved planlagt utslipp, Leidning Nr 3, var sterkast i det øvre laget med målt maksimalverdi på 59 cm/s (1,2 knop) og middelverdi på 16 cm/s. Strømmen hadde oftast retning ut vågen i dette laget. I 5 m djup var maks og middel strøm h.h.v. 33 og 9 cm/s, med hovudretning innover. På større djup var middel strømfart rundt 5 cm/s, også med overvekt av strøm innover vågen. Fluktuasjonar i utslappa frå kraftverket påverka strømmen tydeleg i måleperioden; periodar med store tilførsler var assosiert med sterk strøm, og omvendt.

Oksygenmålingane hausten 2001 synte at det ikkje var kritisk låge O<sub>2</sub>-verdiar verken i Matrevågen eller i djupbassenget utanfor Matreøya. I overflata i Matrevågen låg verdiane mellom 5,8 og 6,9 ml/l og i 20 meters djup var det mellom 4,9 og 5,2 ml/l O<sub>2</sub>. På Stasjon 2, i djup kring planlagt sjøvassinntak, var det mellom 3,7 og 5,9 ml/l oksygen i måleperioden, med ein indikasjon på at sjikt rundt 100 m djup hadde dei lågaste verdiane. Næringssaltprøvene frå Matrevågen var tilfredsstillande med unntak av nitrat, og prøvene for TOC synte også høgre verdiar i Matrevågen enn lenger ute.

#### 7.1.2 Tilstand på botnen

For metall som kan vere skadelege for marine organismar var konsentrasjonane låge og samsvarande med SFTs tilstandsklasse I 'ubetydeleg – lite forureina'. Det er difor konkludert med at det ikkje er noko metall-forureining av betydning i Matrevågen. Resultata for fosfor i sedimentet tyder på at Matrevågen er noko påverka av avlaupsvatn. Det var ikkje skilnad mellom stasjonane, så det kan sjå ut som det var ein jamn påverknad i heile vågen.

Ved utslippet for eksisterande Leidning Nr 1 var det eit etter måten artsfattig dyresamfunn med høg individtettleik. Botnprøven derfrå fall i SFTs tilstandsklasse IV 'dårleg'.

Ved Leidning Nr 2 og nærare utløpet av Matreelva var talet på arter normalt, men individtettleiken var svært høg, noko som kan tyde på ein viss organisk påverknad.

Manglande synlege prov på effekter rundt utslappa frå tidlegare Fiskekultur AS skuldast nok dels at det har vore lite eller ingen drift i denne delen av stasjonen i det siste, og at NIVAs feltarbeid gjekk føre seg utanfor den mest aktuelle vekstsesongen for algar.

## 7.2 Tilførsler til sjø

### 7.2.1 Kommunale avlaup

Utslepp frå bustader og kommunale anlegg er fordelt på fleire små/mindre utslepp. I følgje opplysningar frå kommunen (Truls Hansen, pers. komm) er det ikkje gjort noka fullstendig sanering av kommunale utslepp. Ein etablert leidning går ut på nordsida av munningen til Matreelva, om lag parallelt med Leidning Nr 1 frå Havbruksstasjonen. Ei anna leidning for 16 pe går ut vestover frå pynten av Matrehalvøya, ca 50 m sør for Leidning Nr 1. Det har ikkje lagt til prosjektet å utføre detaljerte berekningar for desse utsleppa, men vi går ut frå at desse er så små og/eller ligg så spreidd at dei ikkje vil interferere negativt med havbruksstasjonens utslepp.

### 7.2.2 Tilførsler frå kraftstasjonen

I 2000 gjekk det gjennomsnittleg 44,0 m<sup>3</sup>/s og i 2001 27,4 m<sup>3</sup>/s gjennom kraftverket og ut i fjorden, noko som svarar til totale årlege vassmengder på h.h.v.  $1,4 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup> og  $0,9 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>. Desse store verdiane syner også at det er tildels markerte variasjonar i kraftproduksjon og dermed årstilførsler av ferskvatn til Matrevågen.

### 7.2.3 Framtidige tilførsler frå Havbruksstasjonen

Det vil ikkje bli nokon markert auke i produksjonskapasiteten på stasjonen etter at Hall IV er tatt i bruk. Vi har konsentrert oss om å få oversyn over sannsynlege verdiar for framtidige utslepp, som til saman vil utgjere maks 12 mill m<sup>3</sup>/år (ca 23.000 l/min), med ein total biomasseproduksjon (fisk) på 36 tonn.

Ureinska utslepp frå produksjonen vil motsvara utslepp m.a. av 600 kg nitrogen og 108 kg fosfor pr år. Ved oppsamling av slam vil utsleppet av nitrogen kunne reduserast med 10% og utsleppet av fosfor med 40%.

Leidning Nr 1 som går vestover frå Matrehalvøya, vil få redusert vassføring etter ombygginga, mens Leidning Nr 2 vil få auka vassføring etter tilknytning til ny den nye forsøkshallen, Hall IV. Vassforbruket i Hall IV vil etter våre anslag variere mellom 5.000 og 8.000 l/min (7.000 l/min i årsgjennomsnitt) med ein årsproduksjon av fisk på 4 tonn.

Den føreslegne Leidning Nr 3 er tiltenkt deler av avlaupet frå gamle Fiskekultur AS, mens resten vil gå til Leidning 2.

Årleg maksimalt vassforbruk på Havbruksstasjonen etter ombygginga vil dreie seg om ca 12 mill m<sup>3</sup>/år, eller 22.800 l/min i gjennomsnitt. Av dette vil 3,7 mill m<sup>3</sup> gå gjennom eksisterande Leidning Nr 1 vestover, 6 mill m<sup>3</sup> gjennom eksisterande Leidning Nr 2 sørover, og 2,3 mill m<sup>3</sup> gjennom føreslått ny Leidning Nr 3 retning sørvest.

## 7.3 Vurdering av effekter frå framtidige utslepp

Ut frå prøver og målingar som ligg føre, ser Matrevågen ut til å ha kome seg brukbart frå påverknad av dei utsleppa som har vara fram til no. Unntaket er området rundt Leidning Nr 1 og tildels ved utløpet av Matreelva der botntilhøva tyder på påverknad frå lokale utslepp eller tilførsler. Dette området bør difor skjermast frå auka tilførsler. I og med at planane for Havbruksstasjonen inneber nedtrapping av utsleppa frå Leidning Nr 1, kan ein sjå dette som eit positivt miljømessig tiltak, dersom snarleg iverksetjing.

Dei gamle utsleppa i flodmålet sør for Fiskekultur er allereie utfasa. Framtidige utslepp frå dette området blir fordelt på Leidning Nr 2 og ny Leidning Nr 3, som til saman vil få 70% av vasstiltførslene og 60% av tiltførslene av N og P.

Konsentrasjonane i dei framtidige avlaupa, Nr 1, 2 og 3, blir (jamfør avsnitt 1.3.4) 8,4, 50 og 104 µg/l for N, og 1,5, 9 og 18,6 µg/l for P. Det er m.a.o. den nye Leidning Nr 3, som vil få dei høgste konsentrasjonane i utsleppet, mens Leidning 2 vil få størst vassfluks.

Verdiane for næringssalt-konsentrasjon (Tabell 4) gjeld samla N og P produksjon. Noko N og P vil vere knytt til ikkje-løyst stoff (partiklar, fekaliar) slik at konsentrasjons-tala såleis er konservativt (høgt) rekna. Ståande biomasse for heile anlegget vil, i følgje Tabell 2, variere mellom 2 tonn (mai) og 14 tonn (oktober), mens årsgjennomsnittet (basert på månads-verdiar) er 8,8 tonn. Dei oppgjevne konsentrasjonane basert på års-middel kan dermed gangast med  $14/8,8 = 1,6$  for å få maksimalkonsentrasjon (månadsmiddel) som vil gjelde for oktober månad. Då er vi oppe i utsleppskonsentrasjonar kring 30 µg/l for P og 170 µg/l for N, for Leidning Nr 3 som får høgast N/P belastning.

Dei berekna konsentrasjonane i avlaupa, eventuelt pluss målt konsentrasjon i sjøen i oktober 2001 kan relaterast til SFTs kriteriar for vasskvalitet (**Tabell 26**). Næringssaltprøvene frå oktober ligg midt mellom sommar og vinter, og er såleis ikkje heilt representative, men må takast som utgangspunkt. Desse prøvene kan til ein viss grad ha vore påverka av utsleppa, men prøvetakingsposisjonen/djupa låg sannsynlegvis utanfor primærfortynningssonen, d.v.s. at eit eventuelt utslepp var fortynna med minst 5-10 gonger (jamfør berekningane med CORMIX som ga 5X fortynning ca 4 m frå utsleppet). Vidare var vassprøvene i Matrevågen frå 2 m djup og 20 m djup, mens innlagring kan skje i sjikt mellom desse. Difor har vi tatt gjennomsnitt for prøveverdiane som utgangspunkt (det var uansett ikkje særskilt store skilnader mellom djupa, jamfør med Tabell 10), som var 13 µg/l for Tot-P og 194 µg/l for Tot-N.

**Tabell 26.** SFTs grenseverdiar for konsentrasjon av Tot-N og Tot-P (µg/l) i overflatevatn i høve til dei tre beste tilstandsklassene. Xmin er krav til innblanding (fortynningsfaktor) for avlaup til Matrevågen frå Leidning Nr 3 (for oktober) for å tilfredsstille dei ulike SFT-klassene.

SFT klasse↓	Tot-N				Tot-P			
	sommar	Xmin	vinter	Xmin	sommar	Xmin	vinter	Xmin
<b>Klasse I</b>	< 250	0	< 295	0	< 12	∞	< 21	1
<b>Klasse II</b>	< 330	0	< 380	0	< 16	5	< 25	0,5
<b>Klasse III</b>	< 500	0	< 500	0	< 29	2	< 42	0

Det framgår at for å tilfredsstille kriteria for Tot-N, trengs ingen fortynning i det heile, ut frå våre føresetnader; konsentrasjonane i avlaupet er omlag som i resipienten, som synte "Klasse 1" verdiar. For fosfor vil ein aldri kunne oppnå "Klasse 1" kravet for sommarsituasjonen, fordi resipientvatnet ikkje tilfredsstilte denne klassen. "Klasse 2" blir imidlertid tilfredsstilt ved ei fortynning på 5X, og "Klasse 3" ved 2X fortynning. For vintersituasjonen er det mindre krav enn dette til fortynning (X 1).

### Oksygenforbruk

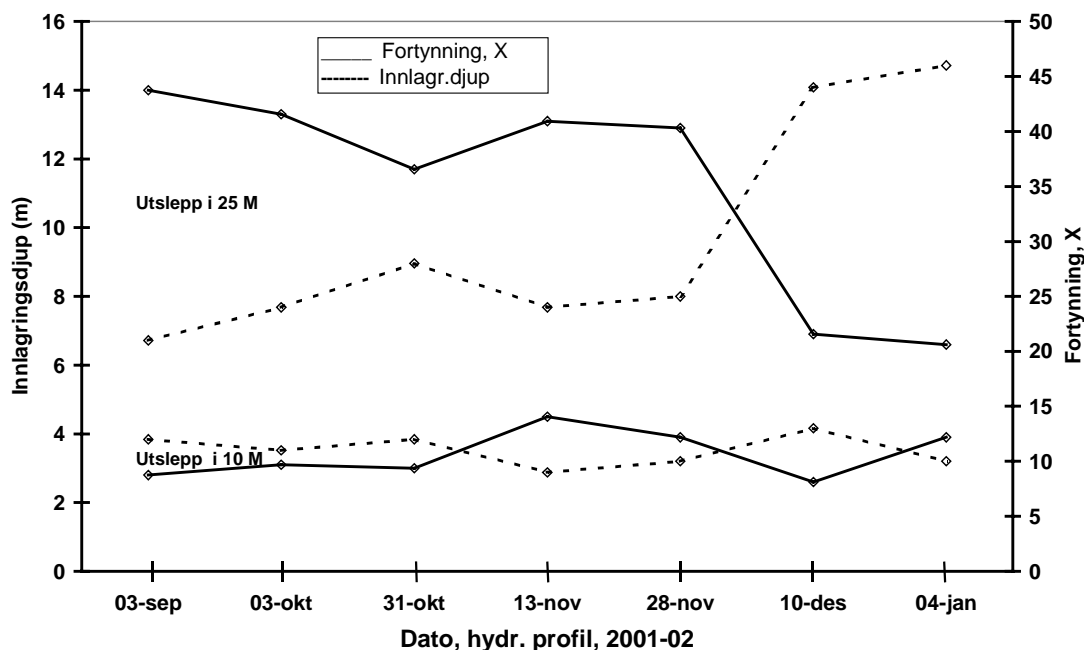
Utsleppa vil medføre visse tiltførsler av organisk stoff som vil forbruke oksygen over tid, samt ein del ikkje oksyderte N og P komponentar, særleg ammonium. Ut frå dei gode oksygentilhøva som blei registrert hausten 2001, sjølv med tiltførsler frå stasjonen, og med den gode vassutskiftinga som er målt, finn vi ikkje grunnlag for å tru at oksygensvinnet vil bli merkbart og at tilhøva m.o.t. oksygen vil bli forverra etter omlegginga.

## 7.4 Val av utsleppsdjup

Berekningane ovanfor tilseier behov for å oppnå primærfortynning på 5X eller betre for å tilfredsstille SFTs "Klasse 2" for fosfor. 5X primærfortynning blir oppnådd ved alle dei simulerte utsleppsarrangementa. **Figur 23** syner resultat for innlagringsdjup og fortynning for eit utslepp på 4.400 l/minutt. Det framgår at sjølv utslepp i 10 m gjev fortynning rundt 10X, m.a.o. godt over minimumskravet for å oppnå "Klasse 2". Målet bør imidlertid vere å oppnå best mogleg fortynning, og samtidig best mogleg vasskvalitet, noko som ein oppnår med eit djupare utslepp enn i 10 m.

Sjikt mellom 10 og 15 m djup hadde større innslag av svakstrømsperioder og saman med 5 m djup også meir inngående (austgåande) ström enn andre sjikt i området der ny Leidning 3 er tenkt plassert. Utslepp lagt i djup som garanterer innlagring grunnare enn 5 m eller evt djupare enn 15 m vil imidlertid vere ugunstig ut frå risiko for h.h.v. overflatepåverknad og botnpåverknad (sedimentering/utfelling). Vi tilrår difor at Leidning Nr 3 blir lagt til 15 m djup. Sjølv for stor fluks (7.000 l/min, aktuelt for oktober) gjev dette utsleppsdjupet innlagring i 3 m eller djupare basert på føreliggande haust-data (Tabell 20) og midlare innlagringsdjup (stor fluks) på 4,4 m.

Simuleringane med CORMIX (for oktober-situasjonen) tilsa at blandsonen for utsleppa har kun nokre få meters horisontal utstrekning for aktuelle (målte) strömstyrker. Difor blir negativ interferens mellom dei tre framtidige utsleppa neppe noko problem med dei avstandane som er antydde i kartskissene. Men her burde ein ta ein nærare gjennomgang av plassering av Leidning Nr 1 og 2, for å finne beste/mest optimale plassering av Leidning Nr 3.



**Figur 23.** Berekna primærfortynning og innlagringsdjup for eit 4.400 l/min utslepp, 50 cm diameter røyr, og 10 m, resp. 25 m utsleppsdjup.

## 7.5 Oppfølging og framtidig overvaking

Det kan tilrådest eit oppfølgjingsprogram etter at stasjonen er ombygd, for å kontrollere/verifisere stoff-konsentrasjonar og fluksar i avlaupa.

Vi vil også tilrå eit oppfølgjingsprogram for hydrografi/vasskvalitet som dekkjer vår- og sommarsesongen, sidan desse periodene ikkje vart oppfanga av programmet i 2001. Dette spesielt for

å framskaffe målingar i antal og tidsfordeling som er kompatibelt med SFTs klassifiseringssystem for vasskvalitet.

Eksakt plassering av ny Leidning Nr 3 bør gjennomgåast i lys av (nye) data for plassering av Leidning Nr 1 og 2.

Det synest vere til dels store variasjonar i avlaupet frå kraftverket, både på kort tidsskala og i års-middel. Sidan hydrografi (sjikting) påverkar eller bestemmer både innlagring og fortynning av avlaupsvatn frå Havbruksstasjonen, bør det etablerast ein god og tidsrepresentativ database for hydrografi. Samspelet med tilførselsdata kan då analyserast meir systematisk og kvantitativt m.o.t. korrelasjon med sjikting og salinitetsfordeling. Dette gjev grunnlag for valideringseksperiment (sporstoff) for faktisk innlagring/fortynning av avlaup i ulike situasjonar og ved ulike fluksar.

Det er sannsynlegvis ein samanheng mellom (variasjonar i) tilførsler frå kraftverket og variasjonar i vasskvaliteten og utskiftinga i djupbassenget der sjøvassinntaket er tenkt plassert. Betre kjennskap til dette samspelet, gjennom eit dedikert målprogram, vil kunne framskaffe ny kunnskap og styringsverktøy for stasjonen m.o.t. når det er gunstig, evt ugunstig å ta opp vatn frå eit gjeve djupnesjikt.

Det ligg til slike organ som Fylkesmannens miljøvernavdeling å tilrå, eventuelt pålegge, framtidig miljøovervaking av resipienten. Målingane og prøvene som vart tatt i 2001 kan danne ein basis/referanse for dette, men eit særskilt tilpassa program kan utarbeidast, evt. kombinert med eigenkontroll og internkontroll ved bedrifta. For Matrevågen vil det vere naturleg å samkøyre dette med eventuelle overvakingsspålegg for utsleppa frå kraftverket, som i form av kvantum totalt dominerer tilførsleane til resipienten.

Det såkalla "Vannrammedirektivet" som EU er i ferd med å innføre, vil også snart bli gjeldande for miljøovervaking av vassdrag/nedbørsfelt i Norge. Dette vil inkludere elvemunningar, estuarar og fjordar heilt ut til kysten, og estuarar vil få særskilt fokus. Overvakinga skal vektlegge biologiske kriteriar og "økologisk status" basert på samsvarande regionale referanse-stasjonar eller område. Naturtilstanden skal fastsetjast, d.v.s. både dagens og den opprinnelege. Sidan denne EU-tilpassinga er i kjømda, bør ein vere observant på dette ved fastsetjing av framtidig overvakingssystem. Framtidsretta tilpassing til EUs regelverk her vil også bidra til å styrke fundamentet for Havbruksstasjonens framtidige internasjonale FoU samarbeid, særleg innafor EU.

Med sin markere sjikting og med eksisterande og ny infrastruktur på plass, vil Matre og Matrevågen framstå som svært interessant i høve til undervisning og FoU verksemd innafor tema som studiar av dynamikk og kjemi ved blanding mellom ferskvatn og sjøvatn ("blandsone"), førekomst av giftige alger, isleggings-dynamikk m.m. Ut frå den store påverknaden frå kraftverket når det gjeld sjiktinga, vil ein gjennom kanalar som kraftverket har kunne få stimulert til FoU omkring energi frå sjøvatnet, slik som t.d. "saltkraftverk" som NVE/Statkraft arbeider med, i samarbeid med SINTEF og andre.

## 8. Litteratur

- Bakke, T., J.A. Berge, B. Braathen, F. Moy, H. Oen, A. Pedersen og M. Walday 1992. Kombinerte effekter av kjølevatn og oppdrett på marine bunnsamfunn. Et økosystemeksperiment. NIVA Rapport 2743.
- Balino, Beatriz M.; Aksnes, Dag L. Winter distribution and migration of the sound Seaherring layers, Zooplankton and micronekton in Masfjorden, Norway. Marine ecology progress series. Red. Kinne, Otto 102: 1-2, s. 35-50 1993.
- Bjerkeng, B. og A. Lesjø 1973: Mixing of a jet into a stratified environment. PRA 5.7. NIVA rapport O-126/73. Oslo.
- Bjerknes, V., L.G. Golmen, A. Pedersen & K. Sørgaard 1988. Kapasitet for fiskeoppdrett i Skogsvågen og i fjordområdet kring Toftarøy på Sotra. NIVA rapport 2072. 122 s.
- Brankevich, G.J. 1990. Biofouling and corrosion in coastal power plant cooling water systems. *Marine Technology Society Journal*, vol. 24 (3), s. 18-28.
- Chou, C.L., B. Zwicker, J.F. Porter and G.R. Pelletier 1999. Potential biofouling strategies against blue mussel (*Mytilus edulis*) infestation in a cooling water system. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. no 2283, 96 pp.
- Fischer H.B., List E.J., Koh R.C.Y., Imberger J., Brooks N. H. 1979: Mixing in Inland and Coastal Waters. Academic Press, Inc. San Diego, California 92101, side 342-345.
- Fosså, J H. 2001: Ny manetinvasjon. Norsk fiskeoppdrett, Nr 19, 2001, s 33.
- Gade, H. G. 1973. Oseanografiske observasjoner i Fensfjorden 1972. Rapport til Norsk Hydro; Geofysisk Institutt, Universitetet i Bergen. 20 sider.
- Golmen, L.G. 1994: Strømforhold som lokaliseringskriterium. Norsk Fiskeoppdrett, Nr 1-94.
- Gross, A.C., 1997. Long Term Experience with Non-Fouling Coatings and other Means to Control Macrofouling. Long Island Lighting Company. In: Zebra Mussels and Aquatic Nuisance Species, Ann Arbor Press, Inc: Chelsea, MI, 1997. Chapter 21, pp.329-342."
- Johnsen, T. & E. Oug 1997. Resipientundersøkelse i Ulvikfjorden 1996. NIVA rapport nr. 3698. 28 s.
- Kaartvedt, S., D. Aksnes og A. Aadnesen 1988: Winter distribution of macroplankton and micronekton in Masfjorden, western Norway. Mar. Ecol. Progr. Ser. Vol 45, s 45-55.
- Khalanski, M. 1998. Biofouling and Antifouling Methods Used on Cooling Circuits of Coastal Power Stations in France. Abstract from the Eighth International Zebra Mussel and Other Nuisance Species Conference, Sacramento California March 16-19, 1998.
- Knutzen, J. & J. Skei 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer, samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA rapport nr. 2540. 139 s.
- Lømsland, E.R., T.M. Johnsen, E. Oug & B. Rygg 1999. Resipientundersøkelse ved lokaliteten Øygardsvik i Tysvær kommune. NIVA rapport 3842. 30 s.



- Moen, F.E. og E. Svensen 1999. Dyreliv i havet. Håndbok i norsk marin fauna. KOM forlag 1999. 544s.
- Nortek AS (1996). ADP Operation Manual. Firmware Version 2.0, 55s.
- Paddock, R.A. og J.D. Ditmars 1983: Initial screening of licence applications for Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) plants with regard to their interaction with the environment. Rep. Argonne National Lab., Argonne, Ill, USA, 9s.
- Qian, P-Y., D. Rittschof, B. Sreedhar and F.S. Chia 1999. Macrofouling in unidirectional flow: miniature pipes as experimental models for studying the effects of hydrodynamics on invertebrate larval settlement. Mar. Ecol. Prog. Ser. 191, pp. 141-151.
- Risheim, I. og P. Johannessen 1992. Resipientundersøkelse for Sea Farm a/s ved Skolmosen, Masfjorden. IFM rapport nr. 8, 1992. 14 s.
- Rygg, B. & J. Skei 1986. Undersøkelser i Fedafjorden 1984-1985. Delrapport 1. Sedimenter og bløtbunnsfauna. Statlig program forurensningsovervåk. 214/86 (NIVA rapport nr. 1849). SFT/NIVA Oslo. 53 s.
- SeaBird Electronics, Inc, Bellevue, Washington, USA (1997). SeaCat SBE 19-03, Conductivity, Temperature and Depth recorder. Operating manual.
- SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT Veiledning 97:03. Oslo. 36 s.
- SFT 2000. Development of HARP Guidelines. Harmonised Quantification and Reporting Procedures for Nutrients. 1759/2000. 179 pp.
- Steen, J-E. og A. Stigebrandt 1980: Topographical control of three-dimensional selective withdrawal. Second IAHR symposium, Trondheim, juni. 1980.
- Sætre, R. 1974: En hydrografisk undersøkelse i Matrevågen, Nordhordland. Fisken og Havet, Serie B, Nr. 6, Havforskningsinstituttet, 69 s.

## Vedlegg A. Varighetsanalyse ADP Matre, Strømfart

### Forklaring

---

<b>Fart</b>	: Mindre enn eller lik
<b>Antall</b>	: Tal på registreringar mindre enn eller lik gitt fart
<b>Prosent</b>	: Det prosentvise bidraget til antal
<b>Perioder</b>	: Tal på registreringar med fart mindre enn eller lik fordeler seg over periodar
<b>mpu</b>	: Midlare periodelengde (min) (timar) med fart mindre enn/lik gitt fart
<b>lpu</b>	: Lengste periode (timar) med fart mindre enn/lik gitt fart
<b>mpo</b>	: Midlare periodelengde (min) (timar) med fart større enn gitt fart
<b>lpo</b>	: Lengste periode med fart større enn gitt fart

---

### 2 m Djup

Middelfart =	23.24	Fmax =	64.90	Varsians =	98.49					
Antall målingar =	3893	Tilsvarear	648.8	timar eller	27.0	Dagar				
Fart	Antall	Prosent(%)	perioder	mpu(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)	
1.00	6	0.15	6	10	0.17	0.2	6478	107.97	251.33	15
2.00	16	0.41	15	11	0.18	0.3	2585	43.08	142.67	16
3.00	41	1.05	36	11	0.19	0.5	1070	17.83	141.83	17
4.00	80	2.05	67	12	0.20	0.5	569	9.49	140.33	18
6.00	169	4.34	112	15	0.25	1.0	332	5.54	66.00	19
8.00	294	7.55	151	19	0.32	2.2	238	3.97	58.00	20
10.00	420	10.79	171	25	0.41	3.5	203	3.38	58.00	21
15.00	831	21.35	275	30	0.50	8.2	111	1.86	27.00	22
20.00	1393	35.78	403	35	0.58	9.7	62	1.03	10.50	23
25.00	2147	55.15	482	45	0.74	11.7	36	0.60	7.67	24
30.00	2923	75.08	400	73	1.22	21.8	24	0.40	4.17	25
40.00	3741	96.10	105	356	5.94	121.3	14	0.24	1.17	26
50.00	3865	99.28	23	1680	28.01	181.0	12	0.20	0.33	27
60.00	3890	99.92	4	9725	162.08	421.0	8	0.13	0.17	28
70.00	3893	100.00	1	38930	648.83	648.8	0	0.00	0.00	29

### 3 m Djup

Middelfart =	15.87	Fmax =	59.00	Varsians =	113.56					
Antall målingar =	3893	Tilsvarear	648.8	timar eller	27.0	Dagar				
Fart	Antall	Prosent(%)	perioder	mpu(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)	
1.00	24	0.62	24	10	0.17	0.2	1612	26.87	91.33	15
2.00	103	2.65	96	11	0.18	0.5	395	6.58	35.33	16
3.00	198	5.09	166	12	0.20	0.7	223	3.71	23.67	17
4.00	313	8.04	249	13	0.21	0.7	144	2.40	21.83	18
6.00	644	16.54	401	16	0.27	1.3	81	1.35	13.67	19
8.00	1042	26.77	475	22	0.37	2.7	60	1.00	11.33	20
10.00	1434	36.84	487	29	0.49	3.5	50	0.84	11.33	21
15.00	2221	57.05	381	58	0.97	11.5	44	0.73	7.83	22
20.00	2737	70.31	270	101	1.69	21.7	43	0.71	7.17	23
25.00	3093	79.45	194	159	2.66	22.7	41	0.69	6.17	24
30.00	3360	86.31	147	229	3.81	47.0	36	0.60	4.17	25
40.00	3804	97.71	58	656	10.93	160.7	15	0.26	0.83	26
50.00	3889	99.90	4	9722	162.04	484.0	10	0.17	0.33	27
60.00	3893	100.00	1	38930	648.83	648.8	0	0.00	0.00	28
70.00	3893	100.00	1	38930	648.83	648.8	0	0.00	0.00	29

**5 m Djup**

Middelfart = 9.36 Fmax = 33.20 Varians = 26.12  
 Antall målinger = 3893 Tilsvarende 648.8 timar eller 27.0 Dagar

Fart	Antall	Prosent(%)	perioder	mpu(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)	
1.00	48	1.23	48	10	0.17	0.2	801	13.35	79.83	15
2.00	150	3.85	141	11	0.18	0.5	265	4.42	48.17	16
3.00	322	8.27	272	12	0.20	0.7	131	2.19	35.17	17
4.00	569	14.62	392	15	0.24	1.0	85	1.41	26.17	18
6.00	1139	29.26	522	22	0.36	2.2	53	0.88	17.50	19
8.00	1727	44.36	544	32	0.53	5.5	40	0.66	9.83	20
10.00	2279	58.54	548	42	0.69	15.2	29	0.49	8.00	21
15.00	3321	85.31	310	107	1.79	49.7	18	0.31	2.50	22
20.00	3771	96.87	84	449	7.48	73.3	15	0.24	1.33	23
25.00	3874	99.51	15	2583	43.04	295.8	13	0.21	0.83	24
30.00	3889	99.90	5	7778	129.63	300.7	8	0.13	0.17	25
40.00	3893	100.00	1	38930	648.83	648.8	0	0.00	0.00	26

**10 m Djup**

Middelfart = 4.92 Fmax = 18.90 Varians = 7.10  
 Antall målinger = 3893 Tilsvarende 648.8 timar eller 27.0 Dagar

Fart	Antall	Prosent(%)	perioder	mpu(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)	
1.00	150	3.85	145	10	0.17	0.3	258	4.30	28.33	15
2.00	504	12.95	435	12	0.19	0.7	78	1.30	9.00	16
3.00	979	25.15	733	13	0.22	0.8	40	0.66	5.83	17
4.00	1527	39.22	890	17	0.29	1.3	27	0.44	4.33	18
6.00	2671	68.61	792	34	0.56	3.2	15	0.26	2.50	19
8.00	3394	87.18	404	84	1.40	8.8	12	0.21	1.33	20
10.00	3718	95.50	149	250	4.16	22.5	12	0.20	1.33	21
15.00	3884	99.77	8	4855	80.92	320.5	11	0.19	0.50	22
20.00	3893	100.00	1	38930	648.83	648.8	0	0.00	0.00	23
25.00	3893	100.00	1	38930	648.83	648.8	0	0.00	0.00	24

**15 m Djup**

Middelfart = 4.97 Fmax = 18.90 Varians = 7.18  
 Antall målinger = 3893 Tilsvarende 648.8 timar eller 27.0 Dagar

Fart	Antall	Prosent(%)	perioder	mpu(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)	
1.00	116	2.98	114	10	0.17	0.3	331	5.52	36.83	15
2.00	460	11.82	404	11	0.19	0.5	85	1.42	9.17	16
3.00	970	24.92	730	13	0.22	1.0	40	0.67	4.67	17
4.00	1524	39.15	953	16	0.27	1.2	25	0.41	3.67	18
6.00	2684	68.94	812	33	0.55	3.7	15	0.25	1.17	19
8.00	3365	86.44	439	77	1.28	9.3	12	0.20	0.83	20
10.00	3694	94.89	178	208	3.46	41.0	11	0.19	0.67	21
15.00	3886	99.82	8	4857	80.96	235.8	9	0.15	0.17	22
20.00	3893	100.00	1	38930	648.83	648.8	0	0.00	0.00	23
25.00	3893	100.00	1	38930	648.83	648.8	0	0.00	0.00	24

**19 m Djup**

Middelfart = 5.28 Fmax = 18.20 Varians = 7.94  
 Antall målinger = 3893 Tilsvarende 648.8 timar eller 27.0 Dagar

Fart	Antall	Prosent(%)	perioder	mpu(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)	
1.00	115	2.95	111	10	0.17	0.3	340	5.67	30.83	15
2.00	404	10.38	358	11	0.19	0.5	97	1.62	10.33	16
3.00	888	22.81	673	13	0.22	1.2	45	0.74	4.83	17
4.00	1423	36.55	863	16	0.27	1.5	29	0.48	3.00	18
6.00	2448	62.88	858	29	0.48	3.3	17	0.28	1.83	19
8.00	3221	82.74	510	63	1.05	9.0	13	0.22	1.67	20
10.00	3645	93.63	207	176	2.93	20.0	12	0.20	1.50	21
15.00	3886	99.82	8	4857	80.96	290.2	9	0.15	0.17	22
20.00	3893	100.00	1	38930	648.83	648.8	0	0.00	0.00	23
25.00	3893	100.00	1	38930	648.83	648.8	0	0.00	0.00	24

# Vedlegg A forts. Varighetsanalyse for strømretning

## Forklaring

**Retning** : i sektor

**Antall** : Antall registreringar i sektor

**Prosent** : Det prosentvise bidraget til antall

**Perioder**: Antall perioder antall fordeler seg over

**mps** : Midlare periodelengde (min) (timar) i sektor

**lpu** : Lengste periode (timar) i sektor

**mpo** : Midlare periodelengde (min) (timer) utanfor sektor

**lpo** : Lengste periode utanfor sektor

### 2 m Djup

Middelfart =	23.24	Fmax =	64.90	Varsians =	98.49					
Antall målingar =	3893	Tilsvarear	648.8	timar eller	27.0	Dagar				
Retning	Antall	Prosent(%)	perioder	mps(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)	
-23- 23	23	0.59	21	11	0.18	0.3	1843	30.71	237.50	15
23- 67	21	0.54	11	19	0.32	1.3	3520	58.67	437.33	16
67- 113	24	0.62	22	11	0.18	0.3	1759	29.31	143.17	17
113- 157	49	1.26	42	12	0.19	0.5	915	15.25	73.17	18
157- 202	225	5.78	174	13	0.22	1.2	211	3.51	57.50	19
202- 247	2834	72.80	580	49	0.81	8.5	18	0.30	3.50	20
247- 292	684	17.57	458	15	0.25	1.3	70	1.17	11.00	21
292- 338	33	0.85	31	11	0.18	0.3	1245	20.75	93.50	22

### 3 m Djup

Middelfart =	15.87	Fmax =	59.00	Varsians =	113.56					
Antall målingar =	3893	Tilsvarear	648.8	timar eller	27.0	Dagar				
Retning	Antall	Prosent(%)	perioder	mps(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)	
-23- 23	52	1.34	49	11	0.18	0.3	784	13.06	63.17	15
23- 67	67	1.72	61	11	0.18	0.3	627	10.45	50.00	16
67- 113	243	6.24	169	14	0.24	1.3	216	3.60	58.83	17
113- 157	379	9.74	280	14	0.23	1.0	125	2.09	23.33	18
157- 202	619	15.90	442	14	0.23	1.0	74	1.23	15.00	19
202- 247	2180	56.00	502	43	0.72	8.0	34	0.57	8.17	20
247- 292	288	7.40	245	12	0.20	0.5	147	2.45	18.67	21
292- 338	65	1.67	60	11	0.18	0.3	638	10.63	63.00	22

### 5 m Djup

Middelfart =	9.36	Fmax =	33.20	Varsians =	26.12					
Antall målingar =	3893	Tilsvarear	648.8	timar eller	27.0	Dagar				
Retning	Antall	Prosent(%)	perioder	mps(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)	
-23- 23	219	5.63	180	12	0.20	0.8	204	3.40	72.83	15
23- 67	493	12.66	405	12	0.20	0.7	84	1.40	21.67	16
67- 113	1937	49.76	710	27	0.45	3.7	28	0.46	6.83	17
113- 157	703	18.06	545	13	0.21	0.8	59	0.98	6.17	18
157- 202	179	4.60	156	11	0.19	0.8	238	3.97	70.00	19
202- 247	117	3.01	103	11	0.19	0.7	367	6.11	90.50	20
247- 292	117	3.01	90	13	0.22	0.8	420	6.99	126.67	21
292- 338	128	3.29	105	12	0.20	0.8	359	5.98	129.67	22

**10 m Djup**


---

Middelfart =	4.92	Fmax =	18.90	Varians =	7.10					
Antall målinger	=	3893	Tilsvare	648.8	timar eller	27.0	Dagar			
Retning	Antall	Prosent(%)	perioder	mps(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)	
-23- 23	375	9.63	322	12	0.19	0.5	109	1.82	10.33	15
23- 67	465	11.94	392	12	0.20	0.7	87	1.46	9.67	16
67- 113	625	16.05	462	14	0.23	1.5	71	1.18	7.83	17
113- 157	534	13.72	432	12	0.21	1.0	78	1.30	10.00	18
157- 202	459	11.79	394	12	0.19	0.5	87	1.45	8.00	19
202- 247	446	11.46	371	12	0.20	0.8	93	1.55	20.33	20
247- 292	563	14.46	435	13	0.22	1.2	77	1.28	14.00	21
292- 338	426	10.94	366	12	0.19	0.8	95	1.58	14.33	22

**15 m Djup**


---

Middelfart =	4.97	Fmax =	18.90	Varians =	7.18					
Antall målinger	=	3893	Tilsvare	648.8	timar eller	27.0	Dagar			
Retning	Antall	Prosent(%)	perioder	mps(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)	
-23- 23	430	11.05	381	11	0.19	0.7	91	1.51	9.00	15
23- 67	518	13.31	449	12	0.19	0.5	75	1.25	9.17	16
67- 113	703	18.06	519	14	0.23	1.0	61	1.02	10.67	17
113- 157	518	13.31	435	12	0.20	0.7	78	1.29	8.17	18
157- 202	433	11.12	386	11	0.19	0.7	90	1.49	11.33	19
202- 247	434	11.15	376	12	0.19	0.5	92	1.53	10.00	20
247- 292	499	12.82	379	13	0.22	1.7	90	1.49	10.67	21
292- 338	358	9.20	319	11	0.19	0.5	111	1.85	12.17	22

**19 m Djup**


---

Middelfart =	5.28	Fmax =	18.20	Varians =	7.94					
Antall målinger	=	3893	Tilsvare	648.8	timar eller	27.0	Dagar			
Retning	Antall	Prosent(%)	perioder	mps(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)	
-23- 23	282	7.24	257	11	0.18	0.7	141	2.34	13.33	15
23- 67	480	12.33	405	12	0.20	0.7	84	1.40	8.83	16
67- 113	818	21.01	563	15	0.24	1.8	55	0.91	7.00	17
113- 157	593	15.23	489	12	0.20	0.7	67	1.12	7.33	18
157- 202	408	10.48	357	11	0.19	0.7	98	1.63	12.50	19
202- 247	488	12.54	388	13	0.21	0.7	88	1.46	11.00	20
247- 292	491	12.61	369	13	0.22	1.2	92	1.54	11.00	21
292- 338	333	8.55	303	11	0.18	0.5	117	1.96	13.50	22

---

## Vedlegg B. Fullstendige resultat for botnfaunaprøvene frå Matre 13. november 2001.

Stasjon "MAT 1" samsvarar med SED 1, og "MAT 2" med SED 2.

Stasjon Replikat 0.1 m2		MAT 1		MAT 2	
		I	II	I	II
ANTHOZOA	Cerianthus lloydi				6
NEMERTINEA	Nemertinea indet			1	7
NEMATODA	Nematoda indet	306	351	165	246
POLYCHAETA	Paramphinome jeffreysii			2	3
	Pholoe baltica	2		10	19
	Pholoe inornata	2	2		
	Phyllodoce mucosa	15	19	1	
	Phyllodocidae indet				1
	Sige fusigera			2	5
	Ephesiella abyssorum				4
	Sphaerodorum flavum				1
	Glycera alba	4	7	5	9
	Glycera lapidum				4
	Goniada maculata			1	1
	Abyssoninoe scopa				1
	Lumbrineris gracilis			8	
	Lumbrineris sp				8
	Protodorvillea kefersteini	433	213	10	22
	Scoloplos sp				5
	Paradoneis lyra			17	12
	Polydora caulleryi			2	
	Polydora socialis				1
	Prionospio cirrifer				76
	Prionospio fallax	3		12	5
	Pseudopolydora paucibranchiata			15	276
	Scolecipis cf. tridentata				2
	Spio sp			15	1
	Spiophanes kroeyeri			1	
	Aphelochaeta sp				1
	Chaetozone setosa	72	60	396	300
	Macrochaeta clavicornis				4
	Diplocirrus glaucus				1
	Scalibregma inflatum			2	2
	Capitellidae indet	5	5	3	
	Mediomastus fragilis	1	4	42	82
	Notomastus latericeus				1
	Euclymeninae indet			2	9
	Myriochele oculata				4
	Pectinaria auricoma				2
	Pectinaria koreni	4	1	2	2
	Sabellides octocirrata				7
	Sosane sulcata				2
	Streblosoma intestinalis			1	
	Terebellides stroemi				1
	Jasmineira caudata	1		48	25

**VEDLEGG B** forts.

Stasjon Replikat 0.1 m2		MAT 1		MAT 2	
		I	II	I	II
OLIGOCHAETA	Tubificoides benedii	217	182		
BIVALVIA	Modiolus modiolus	3	1		
	Lucinoma borealis	1		1	
	Thyasira sarsi	2		70	125
	Parvicardium sp			1	
	Macoma calcarea	57	47		
CUMACEA	Diastylis cornuta	1			
	Diastylis rugosa		3		
	Diastylis sp		1		
AMPHIPODA	Westwoodilla caecula		5		
	Melphidippa sp				1
	Phtisica marina	1			
PRIAPULIDA	Priapulus caudatus				1
OPHIUROIDEA	Ophiuroidea indet			1	10
	Ophiura affinis				17
HOLOTHUROIDEA	Labidoplax buski				3

## Vedlegg C. Resultat for CORMIX simulering

Detaljerte simuleringsresultat med CORMIX for nytt utslepp i 20 m dyp, med 4.400 l/min, og 15 cm/s bakgrunnsstrøm. Del 1 for initialdata og nærsoneparametrar. Del 2 også for fjernsone.

### 1. CORMIX SESSION REPORT.

XX

CORMIX: CORNELL MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX-GI Version 4.1GT

SITE NAME/LABEL: Matre nytt utslepp  
 DESIGN CASE: 50 cm, 4.400 l/min  
 FILE NAME: H:\CORMIX-GT\Post\Matre01.prd  
 Using subsystem CORMIX1: Submerged Single Port Discharges  
 Start of session: 02/23/2002--15:36:52

\*\*\*\*\*

#### SUMMARY OF INPUT DATA:

#### AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section		= unbounded
Average depth	HA	= 25 m
Depth at discharge	HD	= 20 m
Ambient velocity	UA	= 0.15 m/s
Darcy-Weisbach friction factor	F	= 0.0168
Calculated from Manning's n		= 0.025
Wind velocity	UW	= 5 m/s
Stratification Type	STRCND	= A
Surface density	RHOAS	= 1010 kg/m <sup>3</sup>
Bottom density	RHOAB	= 1024 kg/m <sup>3</sup>

#### DISCHARGE PARAMETERS:

Submerged Single Port Discharge

Nearest bank		= right
Distance to bank	DISTB	= 50 m
Port diameter	D0	= 0.5 m
Port cross-sectional area	A0	= 0.1963 m <sup>2</sup>
Discharge velocity	U0	= 0.37 m/s
Discharge flowrate	Q0	= 0.073 m <sup>3</sup> /s
Discharge port height	H0	= 1 m
Vertical discharge angle	THETA	= 5 deg
Horizontal discharge angle	SIGMA	= 90 deg
Discharge temperature (freshwater)		= 12 degC
Corresponding density	RHO0	= 999.4994 kg/m <sup>3</sup>
Density difference	DRHO	= 23.8006 kg/m <sup>3</sup>
Buoyant acceleration	GP0	= 0.2281 m/s <sup>2</sup>
Discharge concentration	C0	= 100 %
Surface heat exchange coeff.	KS	= 0 m/s
Coefficient of decay	KD	= 0 /s

#### DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

LQ = 0.44 m	Lm = 1.10 m	Lb = 4.93 m
LM = 0.52 m	Lm' = 1.42 m	Lb' = 2.35 m

#### NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Port densimetric Froude number	FR0	= 1.10
Velocity ratio	R	= 2.48

#### MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge		= no
Water quality standard specified		= yes
Water quality standard	CSTD	= 5 %
Regulatory mixing zone		= no
Region of interest		= 1300 m downstream

\*\*\*\*\*



## HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

```
*-----*
| FLOW CLASS   = S4 |
*-----*
```

This flow configuration applies to a layer corresponding to the linearly stratified density layer at the discharge site.

Applicable layer depth = water depth = 20 m

\*\*\*\*\*

## MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

-----  
X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the bottom below the port center:

50 m from the right bank/shore.

Number of display steps NSTEP = 20 per module.

-----  
NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at edge of NFR = 2.0886 %

Dilution at edge of NFR = 47.9

NFR Location: x = 13.15 m

(centerline coordinates) y = 1.57 m

z = 5.66 m

NFR plume dimensions: half-width = 3.41 m

thickness = 3.41 m

-----  
Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.

Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

-----  
Stratification assessment:

The specified ambient density stratification is dynamically important.

The discharge near field flow is trapped within the linearly stratified ambient density layer.

-----  
PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in unbounded section contacts nearest bank at 176.60 m downstream.

\*\*\*\*\* TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No TDZ was specified for this simulation.

\*\*\*\*\* REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No RMZ has been specified.

However:

The ambient water quality standard was encountered at the following

plume position:

Water quality standard = 5 %

Corresponding dilution = 20

Plume location: x = 5.64 m

(centerline coordinates) y = 1.36 m

z = 6.37 m

Plume dimensions: half-width = 0.11 m

thickness = 0.11 m



-----  
 BEGIN MOD101: DISCHARGE MODULE

X	Y	Z	S	C	B
0.00	0.00	1.00	1.0	0.100E+03	0.25

END OF MOD101: DISCHARGE MODULE  
 -----

-----  
 BEGIN CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

Plume-like motion in linear stratification with strong crossflow.

Zone of flow establishment:	THETA E=	4.93	SIGMA E=	80.48
LE = 0.00	XE = 0.00	YE = 0.00	ZE = 1.00	

Profile definitions:

B = Gaussian 1/e (37%) half-width, normal to trajectory

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

X	Y	Z	S	C	B
0.00	0.00	1.00	1.0	0.100E+03	0.25
0.18	0.44	1.36	1.4	0.739E+02	0.27
0.42	0.67	1.89	2.0	0.493E+02	0.33
0.72	0.83	2.47	3.0	0.335E+02	0.40
1.04	0.94	2.99	4.1	0.246E+02	0.48
1.40	1.02	3.49	5.3	0.188E+02	0.56
1.82	1.09	4.01	6.9	0.145E+02	0.66
2.24	1.14	4.47	8.6	0.117E+02	0.76
2.73	1.19	4.92	10.6	0.944E+01	0.88

Level of buoyancy reversal in stratified ambient.

3.22	1.23	5.31	12.5	0.797E+01	0.98
3.74	1.26	5.65	14.5	0.692E+01	1.08
4.33	1.30	5.96	16.6	0.604E+01	1.19
4.91	1.33	6.19	18.3	0.545E+01	1.28
5.56	1.36	6.36	19.9	0.503E+01	1.35

\*\* WATER QUALITY STANDARD OR CCC HAS BEEN FOUND \*\*

The pollutant concentration in the plume falls below water quality standard or CCC value of 0.500E+01 in the current prediction interval.

This is the spatial extent of concentrations exceeding the water quality standard or CCC value.

6.18	1.38	6.44	20.7	0.482E+01	1.39
------	------	------	------	-----------	------

Maximum jet height has been reached.

6.80	1.41	6.44	21.2	0.471E+01	1.41
7.47	1.44	6.36	22.1	0.453E+01	1.43
8.07	1.46	6.22	23.2	0.431E+01	1.46
8.72	1.48	6.03	24.8	0.404E+01	1.51
9.31	1.50	5.85	26.4	0.379E+01	1.56
9.90	1.52	5.66	28.2	0.355E+01	1.62

Terminal level in stratified ambient has been reached.

Cumulative travel time = 42. sec

-----  
 END OF CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION  
 -----

BEGIN MOD131: LAYER BOUNDARY/TERMINAL LAYER APPROACH

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	B
9.90	1.52	5.66	28.2	0.355E+01	1.62

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically  
 BH = top-hat half-width, measured horizontally in Y-direction  
 ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)  
 ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)  
 S = hydrodynamic average (bulk) dilution  
 C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL
8.28	1.50	5.66	28.2	0.355E+01	0.00	0.00	5.66	5.66
8.77	1.50	5.66	28.2	0.355E+01	2.15	1.08	6.73	4.58
9.26	1.51	5.66	28.2	0.355E+01	2.54	1.53	6.93	4.38
9.74	1.52	5.66	28.2	0.355E+01	2.80	1.87	7.06	4.26
10.23	1.52	5.66	28.9	0.346E+01	2.99	2.16	7.15	4.16
10.71	1.53	5.66	32.5	0.307E+01	3.13	2.41	7.22	4.09
11.20	1.54	5.66	37.5	0.267E+01	3.24	2.64	7.27	4.04
11.69	1.55	5.66	42.0	0.238E+01	3.32	2.86	7.31	4.00
12.17	1.55	5.66	45.1	0.222E+01	3.37	3.05	7.34	3.97
12.66	1.56	5.66	46.8	0.214E+01	3.40	3.24	7.36	3.95
13.15	1.57	5.66	47.9	0.209E+01	3.41	3.41	7.36	3.95

Cumulative travel time = 64. sec

END OF MOD131: LAYER BOUNDARY/TERMINAL LAYER APPROACH

-----  
 \*\* End of NEAR-FIELD REGION (NFR) \*\*  
 -----

BEGIN MOD142: BUOYANT TERMINAL LAYER SPREADING

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically  
 BH = top-hat half-width, measured horizontally in Y-direction  
 ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)  
 ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)  
 S = hydrodynamic average (bulk) dilution  
 C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

Plume Stage 1 (not bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL
13.15	1.57	5.66	47.9	0.209E+01	3.41	3.41	7.36	3.95
21.32	1.57	5.66	63.0	0.159E+01	1.50	10.21	6.41	4.91
29.49	1.57	5.66	68.8	0.145E+01	1.15	14.50	6.23	5.08
37.66	1.57	5.66	72.7	0.138E+01	0.98	17.99	6.15	5.16
45.84	1.57	5.66	75.7	0.132E+01	0.88	21.02	6.09	5.22
54.01	1.57	5.66	78.2	0.128E+01	0.80	23.74	6.06	5.26
62.18	1.57	5.66	80.4	0.124E+01	0.75	26.24	6.03	5.28
70.35	1.57	5.66	82.3	0.121E+01	0.70	28.57	6.01	5.31
78.53	1.57	5.66	84.1	0.119E+01	0.67	30.76	5.99	5.32
86.70	1.57	5.66	85.9	0.116E+01	0.64	32.84	5.97	5.34
94.87	1.57	5.66	87.5	0.114E+01	0.61	34.83	5.96	5.35
103.04	1.57	5.66	89.1	0.112E+01	0.59	36.73	5.95	5.36
111.22	1.57	5.66	90.7	0.110E+01	0.57	38.57	5.94	5.37
119.39	1.57	5.66	92.2	0.108E+01	0.56	40.34	5.93	5.38
127.56	1.57	5.66	93.8	0.107E+01	0.54	42.06	5.93	5.39
135.73	1.57	5.66	95.3	0.105E+01	0.53	43.74	5.92	5.39
143.91	1.57	5.66	96.9	0.103E+01	0.52	45.37	5.92	5.40
152.08	1.57	5.66	98.4	0.102E+01	0.51	46.97	5.91	5.40
160.25	1.57	5.66	100.0	0.100E+01	0.50	48.53	5.91	5.41
168.42	1.57	5.66	101.6	0.984E+00	0.49	50.06	5.90	5.41
176.60	1.57	5.66	103.3	0.968E+00	0.49	51.57	5.90	5.41

Cumulative travel time = 1154. sec

-----  
 Plume is ATTACHED to RIGHT bank/shore.

Plume width is now determined from RIGHT bank/shore.

Plume Stage 2 (bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL
176.60	-50.00	5.66	103.3	0.968E+00	0.49	103.14	5.90	5.41
232.77	-50.00	5.66	112.1	0.892E+00	0.48	112.62	5.90	5.41
288.94	-50.00	5.66	121.5	0.823E+00	0.48	121.96	5.90	5.41
345.11	-50.00	5.66	131.4	0.761E+00	0.49	131.24	5.90	5.41
401.28	-50.00	5.66	141.8	0.705E+00	0.49	140.48	5.90	5.41
457.45	-50.00	5.66	152.5	0.656E+00	0.50	149.71	5.90	5.41
513.62	-50.00	5.66	163.7	0.611E+00	0.50	158.97	5.91	5.41
569.79	-50.00	5.66	175.2	0.571E+00	0.51	168.24	5.91	5.40
625.96	-50.00	5.66	187.0	0.535E+00	0.51	177.55	5.91	5.40
682.13	-50.00	5.66	199.2	0.502E+00	0.52	186.90	5.92	5.40
738.30	-50.00	5.66	211.7	0.472E+00	0.52	196.29	5.92	5.39
794.47	-50.00	5.66	224.4	0.446E+00	0.53	205.73	5.92	5.39
850.64	-50.00	5.66	237.4	0.421E+00	0.54	215.20	5.92	5.39
906.81	-50.00	5.66	250.8	0.399E+00	0.54	224.73	5.93	5.38
962.98	-50.00	5.66	264.3	0.378E+00	0.55	234.30	5.93	5.38
1019.15	-50.00	5.66	278.1	0.360E+00	0.55	243.91	5.93	5.38
1075.32	-50.00	5.66	292.2	0.342E+00	0.56	253.57	5.94	5.38
1131.49	-50.00	5.66	306.5	0.326E+00	0.57	263.27	5.94	5.37
1187.66	-50.00	5.66	321.0	0.311E+00	0.57	273.01	5.94	5.37
1243.83	-50.00	5.66	335.8	0.298E+00	0.58	282.79	5.95	5.37
1300.00	-50.00	5.66	350.8	0.285E+00	0.58	292.61	5.95	5.36

Cumulative travel time = 8643. sec

Simulation limit based on maximum specified distance = 1300.00 m.

This is the REGION OF INTEREST limitation.

END OF MOD142: BUOYANT TERMINAL LAYER SPREADING

-----  
 CORMIX1: Submerged Single Port Discharges

End of Prediction File